

System of indicators for monitoring operations in small and medium mining companies: Case study of coalmine in Nechí, Amagá – Antioquia

Monsalve O. Juan E. y Rojas L. Miguel D.

Sistema de indicadores para el control de operaciones en pequeñas y medianas empresas mineras caso de estudio mina de carbón Nechí en Amagá – Antioquia

Abstract

This paper presents the characterization of processes, monitoring and control through verification of results against established goals. Furthermore, by analyzing them through an implementation of a system of indicators as a tool in the pursuit of improved economic conditions of an underground coal mining operation, contextualized in an operation of low technological level and an intense use of labor.

Keywords: characterization of processes, metrics, strategy, mining sector.

Resumen

Este trabajo presenta la caracterización de los procesos, su seguimiento y control a través de la verificación de resultados frente a las metas establecidas y el análisis de los mismos mediante la implantación de un sistema de indicadores como herramienta en la búsqueda del mejoramiento de las condiciones económicas de una operación minera subterránea de carbón, contextualizada en una operación de bajo nivel tecnológico e intensiva en uso de mano de obra.

Palabras claves: Caracterización de procesos, indicadores, estrategia, sector minero.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Sistema de indicadores para el control de operaciones en pequeñas y medianas empresas mineras Caso de estudio mina de carbón Nechí en Amagá – Antioquia

Juan Eugenio Monsalve Oliveros

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2014

Sistema de indicadores para el control de operaciones en pequeñas y medianas empresas mineras Caso de estudio mina de carbón Nechí en Amagá – Antioquia

Juan Eugenio Monsalve Oliveros

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería Administrativa

Director:

Doctor en Ingeniería de Sistemas Miguel David Rojas López

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2014

Agradecimientos

Se agradece a las ingenieras de minas y metalurgia Ingrid Estefanía Vélez Jaramillo, Meriel Coronado Covo y particularmente a la Ingeniera Lina Constanza Villa Vargas por sus aportes durante la realización de sus prácticas de industria en la mina Nechí, con las cuales contribuyeron a la estructuración de la metodología aplicada y al seguimiento a los resultados generados. Finalmente agradezco a los ingenieros de minas y metalurgia Jaime Ignacio Vélez e Iván Cardona por sus esfuerzos en la implementación de las propuestas que se generaron en el trabajo.

Resumen

Este trabajo presenta la caracterización de los procesos, su seguimiento y control a través de la verificación de resultados frente a las metas establecidas y el análisis de los mismos mediante la implantación de un sistema de indicadores como herramienta en la búsqueda del mejoramiento de las condiciones económicas de una operación minera subterránea de carbón, contextualizada en una operación de bajo nivel tecnológico e intensiva en uso de mano de obra.

Palabras claves: Caracterización de procesos, indicadores, estrategia, sector minero.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	V
Lista de figuras	VIII
Lista de fotografías.....	X
Lista de tablas	XI
Lista de anexos	XIII
Introducción	1
1. Marco teórico	3
1.1 Definición y clasificación de un proceso	3
1.2 Caracterización de procesos	4
1.3 Mapa de procesos.....	6
1.4 Indicadores.....	6
1.4.1 Definición de indicador.....	6
1.4.2 Tipos de indicadores.....	7
1.4.3 Recolección de información	9
1.5 Tratamiento de las desviaciones	9
1.5.1 Análisis de Pareto.....	10
1.5.2 Diagrama de causa efecto	10
1.5.3 Análisis financiero.....	11
2. Objetivo	12
2.1 Objetivo general	12
2.1.1 Objetivos específicos	12
3. Desarrollo del caso de estudio	13
3.1 Antecedentes	13
3.2 Identificación de procesos	18
3.3 Caracterización de Procesos.....	22
3.4 Indicadores de control	26
3.5 Estimación de la capacidad de la mina.....	31
3.6 Manejo de la información	34

3.6.1	La información como mejora en los procesos	39
3.6.2	Propuesta de generación de información para los indicadores.....	40
3.6.3	Plan de organización de la información	44
3.6.4	Digitalización de la información	52
3.7	Resultados.....	53
3.7.1	Proceso desarrollo	53
3.7.2	Proceso preparación	56
3.7.3	Proceso explotación.....	59
3.7.4	Proceso transporte.....	60
3.7.5	Proceso acopio	60
3.7.6	Proceso mantenimiento.....	61
3.7.7	Proceso apoyo	63
3.8	Análisis de causas para la desviación de los indicadores de control para cada uno de los Procesos.....	63
3.8.1	Proceso desarrollo	64
3.8.2	Proceso preparación	65
3.8.3	Proceso explotación.....	66
3.8.4	Proceso transporte.....	67
3.8.5	Proceso acopio	68
3.8.6	Proceso mantenimiento.....	69
3.8.7	Proceso apoyo	70
3.9	Análisis financiero.....	71
4.	Conclusiones.....	74
5.	Recomendaciones.....	76
6.	Bibliografía	77
A.	Anexo: Formatos de control.....	80

Lista de figuras

Figura 1-1. Caracterización de procesos	5
Figura 1-2. Componentes de la calidad total	8
Figura 3-1. Accidentalidad en la mina Nechí - Año 2009	14
Figura 3-2. Modelo para la intervención en Seguridad en la mina Nechí	15
Figura 3-3. Evolución de la accidentalidad en la Mina Nechí - Años 2009-2010.....	16
Figura 3-4. Mapa de procesos de SATOR S.A.S.....	19
Figura 3-5. Procesos definidos para la operación en la mina Nechí	20
Figura 3-6. Caracterización Proceso de Desarrollo	23
Figura 3-7. Caracterización Proceso de Preparación	23
Figura 3-8. Caracterización Proceso de Explotación.	24
Figura 3-9. Caracterización Proceso de Transporte	24
Figura 3-10. Caracterización Proceso de Acopio.....	25
Figura 3-11. Caracterización Proceso de Apoyo	25
Figura 3-12. Caracterización Proceso de Mantenimiento	26
Figura 3-13. Diagrama de Ishikawa para el análisis de causas que afectan el rendimiento en el transporte en la Mina Nechí.....	32
Figura 3-14. Análisis de Pareto para las causas que afectan la capacidad de transporte	33
Figura 3-15. Ruta de los puntos de información	40
Figura 3-16. Gráfica del avance en metros del Proceso Desarrollo	54
Figura 3-17. Gráfica de las reservas desarrolladas en toneladas del Proceso Desarrollo	55
Figura 3-18. Gráfica del avance en metros del proceso de preparación.	57
Figura 3-19. Gráfica de reservas preparadas en toneladas del Proceso Preparación. ...	58
Figura 3-20. Gráfica de la extracción mensual de carbón del Proceso Explotación.....	59

Figura 3-21. Gráfica del porcentaje de humedad y cenizas presentes en el material producido.	61
Figura 3-22. Gráfica de la disponibilidad total de los equipos en porcentaje del Proceso Mantenimiento.....	62
Figura 3-23. Análisis de Pareto para el indicador avance en metros del Proceso Desarrollo.	64
Figura 3-24. Análisis de Pareto para el indicador avance en metros del Proceso Preparación.....	65
Figura 3-25. Análisis de Pareto para el indicador extracción mensual del Proceso Explotación.....	66
Figura 3-26. Análisis de Pareto para el indicador avance en metros del Proceso Transporte.....	67
Figura 3-27. Análisis de Pareto para el indicador de cenizas del carbón (%) en el Proceso Acopio.	68
Figura 3-28. Análisis de Pareto para el indicador disponibilidad de los equipos del Proceso Mantenimiento.....	69
Figura 3-29. Análisis de Pareto para el indicador de cumplimiento en el Proceso Apoyo.	70
Figura 3-30. Variación del EBITDA Vs precio, costo y producción.....	72

Lista de fotografías

Fotografía 3-1. Malacate del Nivel 26 Tambor 3	37
Fotografía 3-2. Malacate Nivel 28 Tambor 2	38
Fotografía 3-3. Enganchadero del Nivel 31 Tambor 2.....	38
Fotografía 3-4. Apuntador del Nivel 30	39
Fotografía 3-5. Oficina de los operarios líderes en superficie.....	45
Fotografía 3-6. Oficina de los operarios líderes en superficie.....	46
Fotografía 3-7. Oficina de los operarios líderes en superficie.....	46
Fotografía 3-8. Malacate de la vía de personal del nivel 26	47
Fotografía 3-9. Malacate del nivel 26 tambor 3	47
Fotografía 3-10. Malacate del nivel 26 tambor 3	48
Fotografía 3-11. Locomotora del nivel 26.....	48
Fotografía 3-12. Locomotora del nivel 26.....	49
Fotografía 3-13. Malacate del nivel 26 en la clavada de 1070.....	49
Fotografía 3-14. Malacate del nivel 26 en la clavada de 1070.....	50
Fotografía 3-15. Tolve del nivel 30.....	50
Fotografía 3-16. Apuntador del nivel 30	51
Fotografía 3-17. Enganchadero del nivel 31	51

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3-1. Condición de resultados financieros de la Mina Nechí, años 2009, 2010-2011	17
Tabla 3-2. Objetivos y alcances de los procesos para la operación en la mina Nechí.	21
Tabla 3-3. Indicadores de control para el Proceso Desarrollo	27
Tabla 3-4. Indicadores de control para el Proceso Preparación.	28
Tabla 3-5. Indicadores de control para el Proceso Explotación.	28
Tabla 3-6. Indicadores de control para el Proceso Transporte.	29
Tabla 3-7. Indicadores de control para el Proceso Acopio.	29
Tabla 3-8. Indicadores de control para el Proceso Apoyo.	30
Tabla 3-9. Indicadores de control para el Proceso Mantenimiento.	30
Tabla 3-10. Indicadores de control de los Procesos identificados.	31
Tabla 3-11. Resumen capacidad de transporte.....	33
Tabla 3-12. Descripción de los sitios donde genera la información de producción	35
Tabla 3-13. Descripción de los diferentes formatos diseñados.....	41
Tabla 3-14. Descripción de la toma de información para los indicadores Mantenimiento, Acopio y Apoyo	44
Tabla 3-15. Consolidado del avance en metros del Proceso de Desarrollo.....	53
Tabla 3-16. Consolidado de las reservas desarrolladas en toneladas del Proceso Desarrollo.....	54
Tabla 3-17. Consolidado del avance en metros del Proceso de Preparación.....	56
Tabla 3-18. Consolidado de las reservas preparadas en toneladas del Proceso de Preparación.....	57
Tabla 3-19. Consolidado de la extracción en toneladas del Proceso de Explotación.....	59
Tabla 3-20. Consolidado del porcentaje de humedad y cenizas presentes en el material explotado.....	60

Tabla 3-21. Consolidado de la disponibilidad total de los equipos en la mina.	62
Tabla 3-22. Consolidado de la concentración de metano, oxígeno y el caudal.	63
Tabla 3-23. Categorización para el indicador avance en metros del Proceso Desarrollo	64
Tabla 3-24. Categorización para el indicador avance en metros del Proceso Preparación.	65
Tabla 3-25. Categorización para el indicador extracción mensual de carbón del Proceso Explotación	66
Tabla 3-26. Categorización para el indicador disponibilidad de equipos del Proceso Transporte	67
Tabla 3-27. Categorización para los indicadores ceniza y humedad en el Proceso Acopio.	68
Tabla 3-28. Categorización para el indicador disponibilidad de los equipos del Proceso Mantenimiento.	69
Tabla 3-29. Categorización para el indicador de cumplimiento en el Proceso Apoyo.....	70
Tabla 3-30. Condición de resultados financieros de la Mina Nechí, años 2009, 2010-2013.	71

Lista de anexos

ANEXO A-1. Formato informe diario de labores.....	80
ANEXO A-2. Formato control nómina	81
ANEXO A-3. Formato carga malacate	81
ANEXO A-4. Formato carga enganchadero	82
ANEXO A-5. Formato control descarga tolva	82
ANEXO A-6. Formato carga apuntador	83
ANEXO A-7. Formato carga locomotora	83
ANEXO A-8. Formato carga báscula.....	84

Introducción

La industria minera del carbón en Colombia se ha dividido en dos grandes clases: minería a cielo abierto en la costa norte del país y minería subterránea en el interior. La minería de la costa norte se ha distinguido por la implementación de alta tecnología, representada principalmente en equipos para movimiento de tierras y arranque, cargue y transporte de estéril y carbón. Las empresas más representativas de este grupo son: Cerrejón - considerada como una de las operaciones mineras más importantes a nivel mundial Glencore y Drumond.

Por otro lado, en el interior del país la minería del carbón se ha caracterizado por los bajos niveles de tecnología y la utilización de técnicas mineras intensivas en mano de obra. Algunas empresas han alcanzado ciertos niveles de mecanización, consistentes en la implementación de tajos largos con derrumbe dirigido con limitados niveles de tecnificación

Sin embargo, la informalidad en las operaciones mineras, tanto de carbón como del resto de minerales es la característica predominante en el sector minero del país, según los resultados del Censo Minero Departamental Colombiano, realizado por el Ministerio de Minas y Energía a lo largo del país entre los años 2010 y 2011. Esta característica se refleja en los atrasos que se evidencian tanto en materia de tecnología como de administración.

De otro lado, la minería como industria básica, juega un papel fundamental en el desarrollo de los países; en Colombia por ejemplo, el 2,3% del PIB es aportado por la minería y el impacto inducido por las condiciones mundiales en lo relativo al negocio minero hace que las empresas deban ser lo suficientemente bien manejadas para sortear exitosamente las condiciones adversas que el mercado impone y específicamente el del carbón que es el que se toma como referente para este trabajo.

Hoy día, el cambio de las condiciones de los mercados, las crisis económicas mundiales y la aparición de combustibles sustitutos para los combustibles fósiles tradicionales, han

desencadenado en las organizaciones la preocupación común de cómo conseguir la supervivencia en el largo plazo con las condiciones presentes. Esto obliga a las organizaciones y particularmente a las empresas mineras de carbón a establecer mecanismos que les permitan identificar oportunidades para mejorar resultados, tanto desde lo operativo como desde lo administrativo, para lo cual es necesario ordenar debidamente la estructura operacional y administrativa y en consecuencia establecer sistemas de medición que permitan hacer un adecuado seguimiento a la gestión para ajustarla oportunamente a los estándares que se persigan.

El presente trabajo incluye la definición de una estructura de procesos y un conjunto de indicadores operacionales, administrativos, sociales, ambientales y económicos, que permitirán medir la sostenibilidad del negocio tomado como base para el trabajo. Dada la importancia del sector minero en Colombia y el impacto de la pequeña y mediana minería, este trabajo ofrece un marco de referencia para contribuir con el mejoramiento de esta industria en el país.

Para la sustentación del trabajo se encontrará material tomado y elaborado en campo, el cual consta de datos tomados directamente para así elaborar las diferentes gráficas. Además se realizó un registro fotográfico que permite analizar los principales puntos de generación de información al interior y exterior de la mina. La información generada en campo finalmente es analizada a través de diagramas de Pareto para su posterior interpretación, conclusión y recomendación.

1. Marco teórico

1.1 Definición y clasificación de un proceso

Para conceptualizar se recurrió principalmente a diferentes definiciones planteadas de diversas fuentes: Según Juran J. (1990), se entiende como proceso una serie de acciones sistemáticas dirigidas al logro de un objetivo. Mientras que Falconi (2004), define que un proceso es un conjunto de causas (que provoca uno o más efectos). También se consultó a Mariño (2001), el cual sugiere que un proceso es un sistema interrelacionado de causas que entregan salidas, resultados, bienes o servicios a unos clientes que los demandan, transformando entradas o insumos suministrados por unos proveedores y agregando valor a la transformación. Si se analiza detenidamente, toda actividad realizada en una empresa, que transforma entradas y salidas, es un proceso. En consecuencia, todo trabajo es un proceso.

Por otro lado según la norma internacional ISO 9001 de 2008 para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que determinar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad o un conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso.

En cuanto a la clasificación, Mariño (2002) menciona que la clasificación de los procesos es importante porque establece cuales son las salidas o resultados que se producen y establece donde se inicia el siguiente paso de todo proceso.

Los procesos se pueden clasificar de acuerdo a dos criterios en:

Clasificación según su jerarquía:

- i. Macro proceso: Su enfoque está dirigido a la misión de toda la organización.

- ii. Proceso: Conjunto de actividades que intervienen en la transformación de la materia prima.
- iii. Subproceso: Es una actividad definida con límites.

Clasificación según su función:

- i. Gerenciales: Son procesos que se realizan para brindar dirección de toda la organización, establecer su estrategia corporativa y darle un carácter único.
- ii. Operativos: son las actividades para agregar valor a lo que se entrega a los clientes, usuarios o consumidores, y cualquiera de ellas se puede clasificar en procesos esenciales.
- iii. Apoyo o Soporte: Son procesos que tienen que ver con la infraestructura de la organización, capital humano con que cuenta, desarrollo tecnológico, adquisición, sistemas de comunicación e información, entre otros (Mariño, 2002).

1.2 Caracterización de procesos

Luego de definir el concepto, la siguiente etapa es entender cómo identificar los procesos existentes en una organización, para lo cual se requiere comprender como funciona dicha organización analizando las interacciones entre los proveedores, los insumos, la transformación de los insumos, el producto y finalmente los clientes.

Con base en lo establecido en la norma ISO 9001 (2008), la aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones de estos procesos, así como su gestión para producir el resultado deseado, puede denominarse como "enfoque basado en procesos". Una ventaja del enfoque basado en procesos es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción.

Al verificar el cumplimiento de las expectativas planeadas para un proceso, es decir ejercer un control de calidad total, es necesario conocer las condiciones y características en la que el proceso es ejecutado. Así, para la caracterización se deben identificar los procesos existentes, identificar los proveedores, identificar las entradas (insumos o requisitos), definir las actividades para la realización del producto, aplicar el ciclo PHVA (Planear,

Hacer; Verificar y Actuar), identificar las salidas (productos), identificar los clientes y definir los indicadores (ítems de control), ver Figura 1-1.

Para el control del proceso se implementa la metodología del ciclo PHVA, el cual está compuesto principalmente por cuatro fases:

Planeamiento: consiste en:

- Establecer metas para los ítems de control
- Establecer la manera (camino, el método) para alcanzar las metas propuestas.
- Ejecutar (Hacer): Ejecución de las tareas exactamente de la forma prevista en el plan y en la recolección de datos para la verificación del proceso.
- Verificación: Tomando como base los datos recolectados durante la ejecución, se compara el resultado obtenido con la meta planificada.
- Actuación correctiva: Esta es la etapa en la cual el usuario detecta desvíos y actúa de modo que el problema no se repita nunca más (Falconi, 1992).

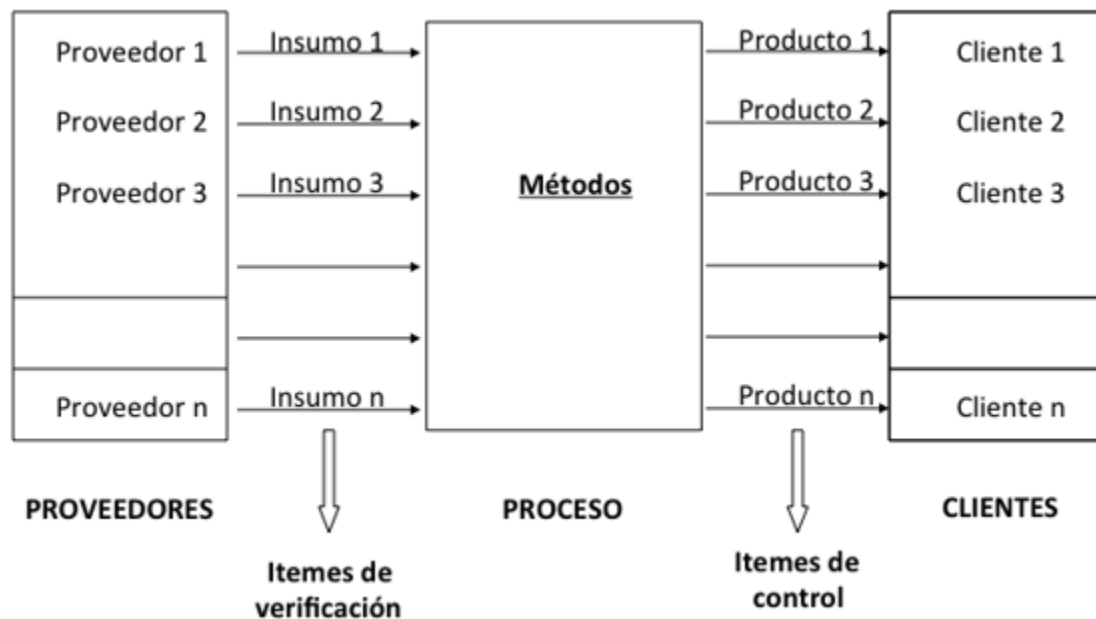


Figura 1-1. Caracterización de procesos

1.3 Mapa de procesos

Posteriormente a la caracterización se deben clasificar los procesos que intervienen en el funcionamiento de la organización empleando un mapa de procesos el cual se construye con el fin de estructurar y organizar los procesos desarrollados en una organización.

El mapa de procesos es el entendimiento común acerca de los procesos generales en los que trabaja una organización. El mapa puede hacerse analizando las interacciones del cliente con la organización o analizando cómo se entregan los productos desde su diseño hasta que llega el bien a manos del consumidor o se presta el servicio al cliente (Mariño, 2002).

1.4 Indicadores

Finalmente en esta etapa se procede a ejercer el control de cada una de las actividades involucradas en los procesos identificados. Según Falconi (2004) un proceso se controla a través de sus efectos por lo cual es importante definir cómo medirlos. Un proceso se controla mediante el uso de indicadores también llamados en la literatura como ítems de control, los cuales permiten el hallazgo de problemas, la definición de acciones de corrección inmediatas e identificación de oportunidades de mejora basados en los resultados de estos. Así mismo, para garantizar los resultados de los indicadores o ítems de control deben ser asignados ítems de verificación.

1.4.1 Definición de indicador

De acuerdo con Falconi (2004) los indicadores o ítems de control de un proceso son índices numéricos establecidos sobre los efectos de cada proceso para medir su calidad total. Por el contrario, los ítems de verificación son índices numéricos establecidos sobre las principales causas que afectan los primeros.

Mariño menciona que los indicadores deben ser usados, entre otros propósitos para:

- Evaluar el desempeño del proceso contra las metas de mejoramiento permitiendo medir el grado de cumplimiento de las metas en relación con los resultados obtenidos.

- Establecer si el proceso es estable o no y, por tanto, definir si las causas detrás de los resultados son comunes o especiales para definir el tipo de mejoramiento requerido.
- Fijar el nivel de desempeño alcanzando por el proceso para servir de punto de referencia en procesos de comparación con las mejores prácticas.
- Mostrar tendencias, evaluar efectividad y proveer señales oportunas de precaución.
- Establecer bases sólidas para identificar problemas o detectar oportunidades de mejoramiento.
- Proveer medios para evaluar las medidas correctivas y preventivas.
- Facilitar la comunicación entre el dueño del proceso y quienes lo operan, entre éstos y la gerencia, entre personas relacionadas con el proceso.
- Establecer si el grado de mejoramiento obtenido es suficiente y si el proceso sigue siendo suficientemente competitivo.

Un indicador debe cumplir con ciertas características tales como poderse medir, tener significado y poderse controlar.

1.4.2 Tipos de indicadores

En la literatura se puede encontrar diferentes clasificaciones de los tipos de indicadores, por un lado está la clasificación sugerida por Mariño en donde clasifica los indicadores en indicadores de eficacia o eficiencia. El indicador de resultado o eficacia mide el logro de los resultados propuestos. En contraste el indicador de proceso o eficiencia mide el rendimiento de los recursos utilizados en las actividades ejecutadas dentro del proceso (Mariño, Gerencia de procesos, 2001).

Mientras que en términos de la calidad total los ítems de control desarrollados para realizar el control, son realizados para la evaluación y seguimiento en base a las dimensiones de la calidad total: calidad, costo, entrega, seguridad, moral y medio ambiente, ver Figura 1-2.

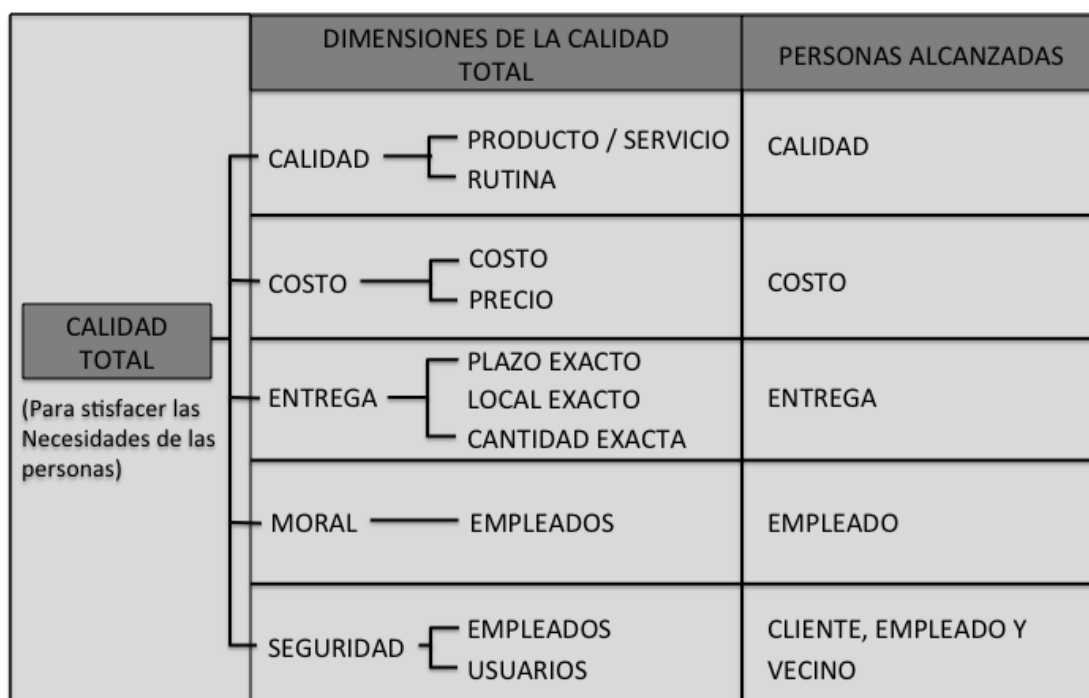


Figura 1-2. Componentes de la calidad total

Fuente: TQC Control de la calidad total. Vicente Falconi Campos

Los Ítems de control de la dimensión de calidad, son todos aquellos que hacen referencia a las características del producto o servicio entregado a otros procesos o el cliente final para satisfacer las necesidades requeridas.

Los Ítems de control de la dimensión de entrega, son todos aquellos que hacen referencia a la evaluación y seguimiento de acuerdo a las metas de entrega oportuna establecidas.

Los Ítems de control de la dimensión de costo, son todos aquellos que muestran los gastos y consumos específicos dentro de un proceso.

Los Ítems de control de la dimensión de seguridad, se definen como aquellos que sirven para el seguimiento de las condiciones de seguridad con las cuales se ejecuta el proceso, puesto que permiten la identificación de los problemas de seguridad más comunes.

Los Ítems de control de la dimensión de moral, son aquellos que miden el grado de satisfacción de los empleados de la organización (Falconi, 2004).

Así mismo, los Ítems de control de la dimensión Medio Ambiente, se refieren a aquellos que permiten medir el cumplimiento de los requisitos legales asociados al medio ambiente, que finalmente permitirán asegurar la sostenibilidad del negocio.

1.4.3 Recolección de información

La información permite controlar los procesos a partir de la verificación del cumplimiento de las metas propuestas. La confiabilidad de la información y su entrega oportuna facilita la implementación de mejoras en los procesos a partir de la implantación de planes de acción.

La medición mediante indicadores se debe realizar a través de la recolección de información, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos:

- ¿Que se desea medir?
- ¿Qué datos existen actualmente, con qué frecuencia se obtienen, están disponibles?
- ¿Qué tipo de datos se tomaran, variables o atributos?
- ¿Quién debe recolectar los datos?
- ¿Cómo se obtendrán?
- ¿Con que periodicidad?
- ¿Cuantos datos se requieren para el análisis del proceso?
- ¿Qué tan rápido desea detectar cambios en el proceso?
- ¿Cuál es el costo de obtener los datos?
- ¿Cómo se analizaran los datos?
- ¿El análisis es manual o a través de software?
- ¿Necesitan las personas que operan el proceso entrenamiento en recolección de datos y su análisis?
- ¿Qué medidores se utilizan actualmente, son los apropiados? (Mariño, 2001).

1.5 Tratamiento de las desviaciones

Teniendo claro e implementado el sistema de información que alimente los indicadores, se procede a analizar las causas principales que afectan la operación y generan desviaciones

en estos para así establecer las acciones pertinentes que permitan reorientar el desarrollo de las actividades de la operación. El análisis de las desviaciones se realiza mediante la utilización de herramientas como diagramas de Pareto y de causa-efecto.

1.5.1 Análisis de Pareto

El análisis de Pareto debe su nombre al economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), el cual ayuda a clasificar y priorizar los problemas en vitales y triviales. De modo que permite dividir un problema grande en problemas menores que son más fáciles de resolver (Falconi, 1992).

Este método consta de los siguientes pasos:

- Identificación del problema.
- Dividir el problema por estratos. (Estratificación)
- Reunir Datos (check – list)
- Priorizar mediante el diagrama de Pareto.
- Solución de problemas prioritarios.

1.5.2 Diagrama de causa efecto

El resultado de un proceso puede atribuirse a una multitud de factores, y es posible encontrar la relación causa-efecto de esos factores. Podemos determinar la estructura o una relación múltiple de causa-efecto observándola sistemáticamente. Es difícil solucionar problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causas y efectos, y el método para expresar esto en forma sencilla y fácil es un diagrama de causa-efecto (Hitoshi Kume, 2002).

Para elaborar un diagrama de causa efecto:

- Definir claramente el efecto o síntoma cuyas causas han de identificarse.
- Añadir sub-causas a las causas principales a lo largo de líneas inclinadas.
- Descender de nivel hasta llegar a las causas raíz (fuente original del problema).
- Comprobar la validez lógica de la cadena causal.

- Comprobación de integridad: ramas principales con, ostensiblemente, más o menos causas que las demás o con menor detalle.

Mariño (2004) plantea utilizar esta herramienta después de haber efectuado el análisis de Patero y no antes, porque se puede profundizar innecesariamente en tratar de encontrar las causas de un problema que no es relevante para el mejoramiento del proceso.

1.5.3 Análisis financiero

Para el análisis financiero de los resultados se introdujo el concepto del EBITDA: que proviene del inglés Earnings Before Interests Taxes Depreciation and Amortization, es decir, resultado antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización, también denominado resultado operativo (Soriano & Campos, 2011).

2. Objetivo

2.1 Objetivo general

Proponer un método que permita la confección de un sistema de indicadores que permita controlar los procesos caracterizados para la operación minera, con una visión integral en el contexto de la organización. El método propuesto debe permitir su réplica en organizaciones mineras medianas y pequeñas para que su aplicación contribuya a su mejoramiento y formalización administrativa.

2.1.1 Objetivos específicos

- Establecer un mapa de procesos en función de las operaciones que se adelantan en la mina, identificando las características a medir para estructurar los indicadores necesarios para controlarlos.
- Establecer los mecanismos de medición y captura de información de las características identificadas.
- Proponer un mecanismo para la generación de los planes de acción que permitan corregir las desviaciones identificadas a partir del análisis de indicadores.
- Evaluar mediante el resultado de los indicadores financieros el desempeño de la operación minera al interior de la Organización.

3.Desarrollo del caso de estudio

3.1 Antecedentes

El presente trabajo se adelanta en la Mina Nechí, propiedad de la empresa SATOR S.A.S. A., a continuación se presenta una breve contextualización de la empresa y la operación minera.

La empresa SATOR S.A.S., perteneciente al Grupo Argos, posee operaciones mineras a cielo abierto y subterráneo en diferentes lugares de Colombia para la extracción y comercialización de carbón. Entre las operaciones subterráneas se destaca la mina Nechí por su nivel de producción, por el número de personal contratado y por las condiciones de operación.

La mina se encuentra ubicada en el corregimiento de Camilocé, en el paraje Nechí del municipio de Amagá, departamento de Antioquia. Es operada hace más de 40 años y realiza labores mineras en tres mantos de carbón, identificados como Manto Uno, Manto dos y Manto tres.

Para SATOR S.A.S la Mina Nechí es la más importante de sus operaciones subterráneas, su producción está destinada a abastecer el consumo de carbón de la Planta Cairo de Cementos ARGOS y de las plantas de auto-generación de las Plantas Rioclaro y Yumbo de la misma cementera. Algunos excedentes eventuales de su producción son colocados a clientes locales.

La operación de la Mina Nechí fue tomada bajo el control de Grupo Argos a través de su empresa Carbones del Caribe, hoy SATOR, en el año 2009, año a partir del cual se inició un proceso de transformación al interior de la operación, apuntando a la formalización de sus procesos operativos y administrativos en la búsqueda de un mejoramiento de las condiciones laborales, mediante un esfuerzo enfocado en la disminución de la accidentalidad y a la recuperación de los resultados financieros de esta operación. En la

Figura 3-1 se ilustra el estado de la tasa de accidentalidad en la mina como reflejo de las condiciones de seguridad en el año 2009, reportando un decrecimiento en la tasa de accidentalidad de un 45% con respecto al año anterior. En la Tabla 3-1 se plasma la realidad económica de la operación minera. A partir de los resultados financieros alcanzados en los años 2009, 2010 y 2011, donde se obtienen utilidades operacionales y EBITDA's negativos, se hace necesario intervenir la operación para generar acciones que permitan hacerla viable.

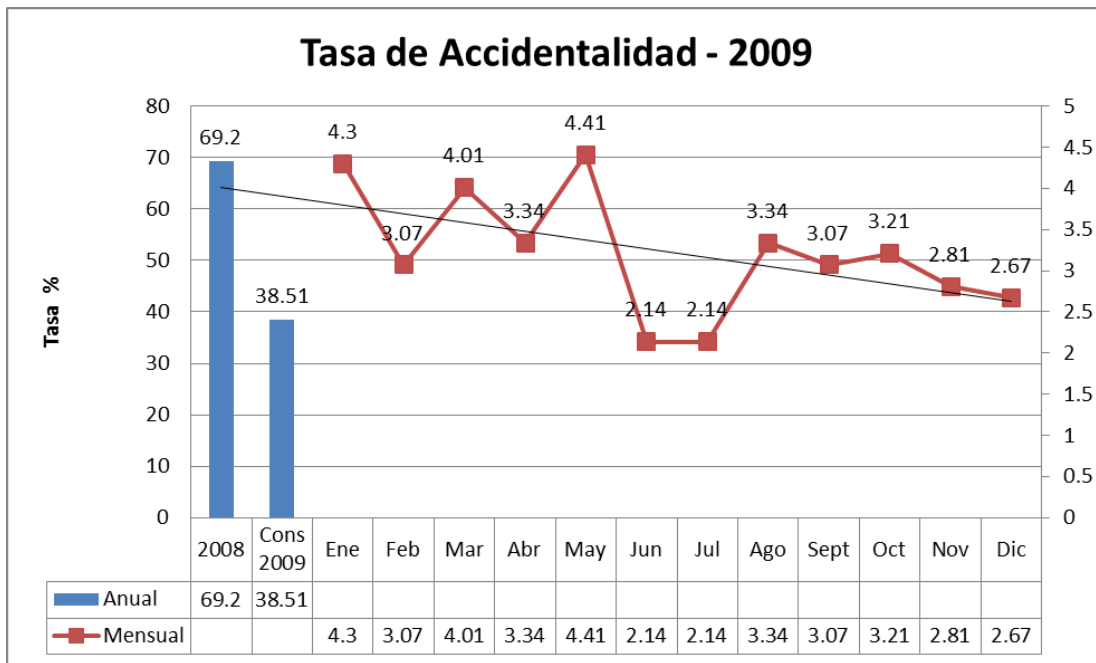


Figura 3-1. Accidentalidad en la mina Nechí - Año 2009

Fuente SATOR S.A.S.

Como consecuencia de lo anterior, el año 2009 fue un año dedicado fundamentalmente a la toma de acciones reactivas para atender las contingencias que se presentaban y poder romper la inercia del modelo de administración existente.

Durante los años 2010 y 2011 se adelantó un proceso de ordenamiento administrativo y operacional que permitió, por un lado, disminuir la accidentalidad significativamente y por otro lado, generar información que permitiera cuantificar de manera ordenada y lógica los resultados de la operación.

Dentro del ordenamiento administrativo a que se hace referencia, la principal acción que se adelantó de manera prioritaria, con el acompañamiento de la ARL Positiva, correspondió a la implementación de un modelo de gestión en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (SISO) basado en la transformación cultural, aplicado a todo el personal vinculado a la mina, sin distinción de cargo u oficio. En la

Figura 3-2, se presenta el modelo implementado, el cual tiene como objetivo el desarrollo de centros productivos seguros.



Figura 3-2. Modelo para la intervención en Seguridad en la mina Nechí

Fuente: Sator S.A.S.

Como estrategias para alcanzar el objetivo propuesto por el modelo se plantean dos estrategias, la primera es la identificación, el seguimiento y control a las condiciones de trabajo, mediante la prevención de los accidentes que se gestiona a través del Panorama de Factores de riesgo sobre las condiciones de trabajo, mediante las inspecciones, mediante la identificación y estandarización de las Tareas de Alto Riesgo y mediante las investigaciones de los Accidentes de Trabajo y de los Incidentes de Trabajo. Estas acciones van acompañadas por los programas de Prevención de la Enfermedad Profesional y por la gestión frente a La prevención y Atención de Emergencias.

La segunda estrategia del modelo tiene que ver con el Componente Gerencial, que se fundamenta en las Reuniones Gerenciales en todos los niveles Jerárquicos, buscando un acompañamiento para la gestión en SISO.

En resumen el Modelo pretende, a partir de la declaratoria de La Salud y La Seguridad como principios irrenunciables al interior de la Organización, alcanzar una transformación cultural como principio de trabajo, apoyada en criterios técnicos y de ingeniería, acompañados de la administración de la seguridad y el liderazgo, soportados en el monitoreo por la Dirección del desempeño de la Gestión en SISO.

La Figura 3-3 Ilustra la evolución de la accidentalidad durante los años 2009 y 2010.

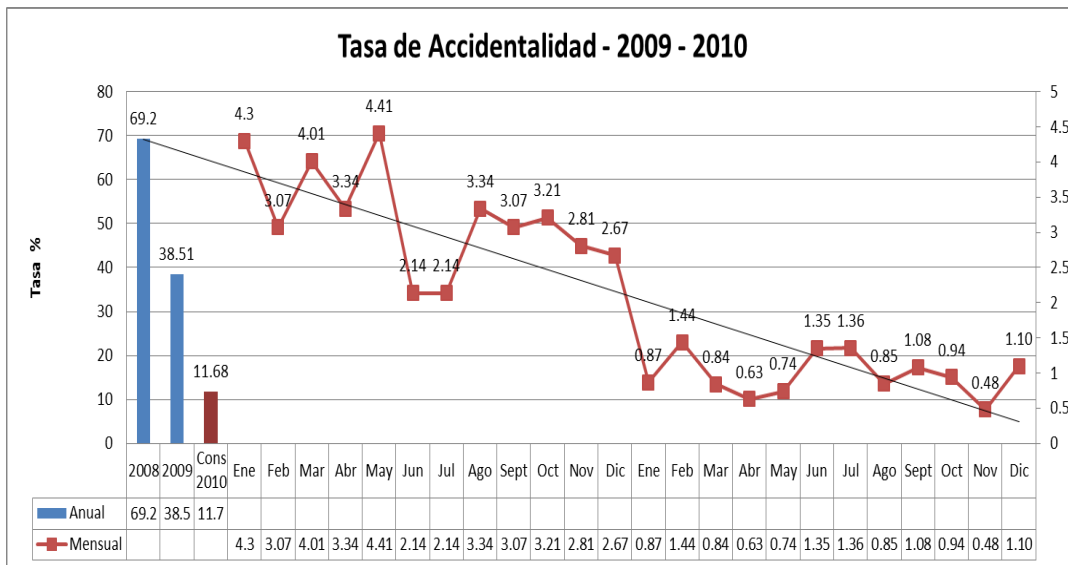


Figura 3-3. Evolución de la accidentalidad en la Mina Nechí - Años 2009-2010

Fuente: SATOR S.A.S.

Tabla 3-1. Condición de resultados financieros de la Mina Nechí, años 2009, 2010-2011

SATOR S.A.S.			
EBITDA REAL ACUMULADO AÑO MINA NECHÍ			
PERIODO	2009	2010	2011
	NECHI	NECHI	NECHI
VENTAS (TON)	81.671	85.826	76.106
INGRESOS OPERATIVOS	\$ 8.485	\$ 9.576	\$ 7.496
PRECIO DE VENTA	103892	111.574	98.489
COSTO VENTA	\$ 9.274	\$ 10.170	\$ 9.266
COSTO DE PRODUCCION	9274	9.179	\$ 9.159
DEP Y AMORTIZACION	116		\$ 107
COSTO UNITARIO	113549	106.944	121.753
UTILIDAD BRUTA	\$ (789)	\$ (594)	\$ (1.771)
GASTOS DE ESTRUCTURA DEP Y AMORTIZACION			
UTILIDAD OPERATIVA	\$ (789)	\$ (594)	\$ (1.771)
EBITDA REAL	\$ (673)	\$ (594)	\$ (1.663)
MARGEN EBITDA	-8%	-6%	-22%

Fuente: SATOR S.A.S

En consideración a lo anterior, en 2012 se inició la intervención a la operación mediante la ejecución de trabajos dirigidos a ordenar la operación y a estimar la capacidad real de la mina para generar las acciones necesarias para cambiar los resultados que se venían consiguiendo.

Las primeras acciones estuvieron dirigidas al modelamiento de la operación bajo un esquema de procesos, de tal manera que se pudiera hacer un seguimiento ordenado a los resultados separados de cada uno e identificar oportunidades de mejora. Por otro lado se estructuró un programa de medición de tiempos y movimientos que permitió identificar la capacidad de la mina para tener claridad de sus posibilidades. Paralelamente se diseñó un modelo para la elaboración de presupuesto que permitiera establecer referentes que servirían de meta para los procesos definidos.

Las metas iniciales se establecen tomando como base los datos generados durante la operación de los últimos años y ajustándolos a las capacidades reales de la mina, de tal manera que mediante un seguimiento permanente y la toma de acciones frente a las desviaciones respecto de las metas presupuestales, se pudiera alcanzar mejores resultados.

Finalmente se establecieron una serie de indicadores apoyados en el modelo de procesos establecido y acotado a partir de las premisas de la planeación minera, de tal manera que se pudiera hacer seguimiento rutinario al desempeño de la operación y generar acciones oportunas para mantener bajo control la operación.

3.2 Identificación de procesos

A partir de las definiciones estratégicas de SATOR S.A.S. se parte de la definición macro de los procesos que constituyen la Organización y particularmente para la Mina Nechí se consideran los procesos definidos con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, en este marco de la gestión estratégica, se plantean como procesos principales, denominados CORE, el planeamiento minero, la operación minera y la comercialización de carbón. Estos procesos definen la cadena de valor en la operación y se soportan en otros procesos que permiten el desarrollo integral de la estructura de procesos planteada, tal como se observa en la Figura 3-4.

Dado que el fin último del presente trabajo es proponer acciones de mejoramiento para los procesos mineros, el ejercicio se enfoca en el proceso Operación Minera, el cual se considera crítico para los resultados de la mina Nechí. Por lo anterior los Procesos Planeamiento Minero y Comercialización no son considerados en este trabajo, aunque son entrada y cliente para Operación Minera.



Figura 3-4. Mapa de procesos de SATOR S.A.S

Fuente: SATOR S.A.S.

El proceso operativo desarrollado en la mina Nechí, denominado OPERACIÓN MINERA, se propone de la manera que se muestra en la Figura 3-5, con los siguientes procesos, que incluyen el de mantenimiento:

- **Desarrollo**

Comprende las labores mineras encaminadas a crear los accesos y vías principales con el fin de adecuar el yacimiento. Este puede ser: productivo o improductivo.

- **Preparación**

Corresponde a todas las actividades que deben ser realizadas después del desarrollo con el fin de dejar los bloques de mineral listos para dar inicio al arranque masivo.

- **Explotación**

Es la fase de la operación donde se recuperan las inversiones realizadas, ya que mediante la aplicación de técnicas y secuencias según lo establecido por el método minero se realiza el arranque masivo del mineral desarrollado y preparado.

- **Transporte**

Es la etapa en la que se llevan a cabo las labores de traslado del mineral extraído de las etapas desarrollo, preparación y explotación hasta la superficie mediante diferentes medios tales como vagonetas, malacates, skip y locomotoras.

- **Acopio**

Actividades mediante las cuales el mineral extraído es triturado y clasificado según los requerimientos necesarios para su comercialización y depositado en tolvas y/o patio para su despacho a los clientes.

- **Apoyo minero**

Está constituido por todas las actividades que dan soporte a los procesos de desarrollo, preparación, explotación, transporte y acopio. Estas actividades están representadas por el sostenimiento, la ventilación, el mantenimiento de vías y el bombeo.

- **Mantenimiento**

Es el conjunto de actividades que tienen como objetivo garantizar la disponibilidad de equipos óptimos para el desarrollo de las labores mineras (Ministerio de Minas y Energía, 2003).



Figura 3-5. Procesos definidos para la operación en la mina Nechí

A continuación en la Tabla 3-2 se detallan los objetivos y alcances de cada proceso.

Tabla 3-2. Objetivos y alcances de los procesos para la operación en la mina Nechí.

Proceso	Proceso	Objetivo	Alcance
Operación minera	Desarrollo	Construir los accesos al depósito y las vías principales con el fin de exponer las reservas de mineral que serán posteriormente preparadas y explotadas	Inicia con la construcción de guías o niveles, clavadas, tolvas y cruzadas. Finaliza con el comienzo de las labores de preparación.
	Preparación	Dejar preparados los bloques de mineral para su arranque masivo.	Inicia con la construcción de tambores y sobre-guías. Finaliza con el inicio de las labores de explotación.
	Explotación	Extraer de forma masiva el mineral desarrollado y preparado.	Inicia con el comienzo del ensanche del tambor y finaliza con la clausura del frente explotado.
	Transporte	Trasladar el mineral extraído de los frentes de desarrollo, preparación y/o explotación hasta superficie.	Inicia con el traslado del mineral desde los frentes que lo producen y finaliza con el almacenamiento en tolvas o patio.
	Acopio	Triturar, clasificar y disponer el carbón extraído para su posterior despacho. Asegurar la disposición final del estéril producido	Inicia con la trituración, clasificación y disposición del carbón extraído y finaliza con la disposición del estéril producido
	Apoyo	Soportar a los procesos operativos mediante la garantía de las condiciones seguras para su normal desempeño.	Cobija las labores de ventilación, bombeo, sostenimiento, mantenimiento de vías.
	Mantenimiento	Garantizar la disponibilidad de equipos para el desarrollo de las labores mineras.	Inicia con la inspección y reparación de equipos y finaliza con la entrega de equipos aptos para la operación.

3.3 Caracterización de Procesos

Para determinar las características de cada proceso, es preciso definir cuáles son sus entradas y salidas, así como la cuantificación de sus características, de tal manera que permitan establecer los índices para su control al momento de evaluar rutinariamente su desempeño.

Las características de cada proceso deben estar definidas en términos de Calidad intrínseca, costo, entrega, moral y seguridad y medio ambiente, tal como lo plantea Falconi. Los indicadores que se proponen para cada proceso apuntan a garantizar que mediante su seguimiento, las directrices establecidas por la Organización sean alcanzadas. Algunos indicadores sirven para buscar la sostenibilidad del proyecto, tales como los ambientales medidos en términos de los compromisos establecidos en los Informes de Seguimiento Ambiental (ISA's) y que en términos generales corresponden a las obligaciones de ley que se deben garantizar en los proyectos.

La caracterización de los procesos de desarrollo, preparación, explotación, transporte, acopio, apoyo y mantenimiento, propuestos para la Mina Nechí, se presenta en la Figura 3-6, Figura 3-7, Figura 3-8, Figura 3-9, Figura 3-10, Figura 3-11, Figura 3-12.


PROCESO: DESARROLLO MINERO						
OBJETIVO: Construir los accesos al depósito y las vías principales con el fin de exponer las reservas de mineral que serán posteriormente preparadas y explotadas						
ALCANCE: Inicia con la construcción de guías o niveles, clavadas, tolvas y cruzadas. Finaliza con el comienzo de las labores de preparación.			Responsable: Profesional de producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
						
Planeación minera	Plan minero a corto plazo	DESARROLLO MINERO	Metros desarrollados según plan minero	Preparación minera	# de metros desarrollados / periodo	Profesional de producción
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO		Reservas desarrolladas según plan minero	Explotación minera	Toneladas desarrolladas / periodo	Profesional de producción
Ambiental	Requisitos ambientales		costo de desarrollo según presupuesto	Financiero	\$ / ton desarrollada	Profesional de producción
Inventarios	Suministro de insumos y repuestos		operación segura	Administrativo y gestión humana	Tasa de accidentalidad	Profesional de producción
Mantenimiento	Disponibilidad de equipos				Índice de Severidad	Profesional de producción
Apoyo minero	Energía, ventilación, infraestructura subterránea		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de producción
Financiero	Presupuesto					

Figura 3-6. Caracterización Proceso de Desarrollo

PROCESO: PREPARACIÓN MINERA						
OBJETIVO: Dejar preparados los bloques de mineral para su arranque masivo						
ALCANCE: Inicia con la construcción de tambores y sobre-guías. Finaliza con el inicio de las labores de explotación.			Responsable: Profesional de producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
						
Desarrollo minero	Metros desarrollados según plan minero	PREPARACIÓN MINERA	Metros preparados según plan minero	Explotación minera	# de metros preparados / periodo	Profesional de producción
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO		Reservas preparadas según plan minero	Explotación minera	Toneladas preparadas / periodo	Profesional de producción
Ambiental	Requisitos ambientales		costo de preparación según presupuesto	Financiero	\$ / ton preparada	Profesional de producción
Inventarios	Suministro de insumos y repuestos		operación segura	Administrativo y gestión humana	Tasa de accidentalidad	Profesional de producción
Mantenimiento	Disponibilidad de equipos				Índice de Severidad	Profesional de producción
Apoyo minero	Energía, ventilación, infraestructura subterránea		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de producción
Financiero	Presupuesto					

Figura 3-7. Caracterización Proceso de Preparación

PROCESO: EXPLOTACIÓN MINERA						
OBJETIVO: Extraer de forma masiva el mineral desarrollado y preparado.						
ALCANCE: Inicia con el comienzo del ensanche del tambor y finaliza con la clausura del frente explotado.			Responsable: Profesional de producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
Desarrollo minero	Reservas desarrolladas según plan minero	EXPLOTACIÓN MINERA	Carbón	Transporte	# de toneladas producidas / periodo	Profesional de producción
Preparación minera	Reservas preparadas según plan minero					
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO		costo de explotación según presupuesto	Financiero	\$ / ton preparada	Profesional de producción
Ambiental	Requisitos ambientales					
Inventarios	Suministro de insumos y repuestos		operación segura	Administrativo y gestión humana	Tasa de accidentalidad Índice de Severidad	Profesional de producción
Mantenimiento	Disponibilidad de equipos					
Apoyo minero	Energía, ventilación, infraestructura subterránea		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de producción
Financiero	Presupuesto					

Figura 3-8. Caracterización Proceso de Explotación.

PROCESO: TRANSPORTE						
OBJETIVO: Trasladar el mineral extraído de los frentes de desarrollo, preparación y/o explotación hasta superficie.						
ALCANCE: Inicia con el traslado del mineral desde los frentes que lo producen y finaliza con el almacenamiento en tolvas o patio.			Responsable: Profesional de producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
Desarrollo minero	Carbón y Estéril	TRANSPORTE	Carbón transportado	Transporte	# de toneladas de carbón transportadas / periodo	Profesional de producción
Preparación minera	Carbón		Estéril transportado	Transporte	# de toneladas de estéril transportadas / periodo	Profesional de producción
Explotación	Carbón		Costo de transporte según presupuesto	Financiero	\$ / ton estéril transportada \$ / ton carbón transportada	Profesional de producción Profesional de producción
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO					
Ambiental	Requisitos ambientales		operación segura	Administrativo y gestión humana	Tasa de accidentalidad Índice de Severidad	Profesional de producción
Mantenimiento	Disponibilidad de equipos					
Apoyo minero	Energía, ventilación, infraestructura subterránea		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de producción
Financiero	Presupuesto					

Figura 3-9. Caracterización Proceso de Transporte

PROCESO:			ACOPIO			
OBJETIVO: Triturar, clasificar y disponer el carbón extraído para su posterior despacho. Asegurar la disposición final del estéril producido						
ALCANCE: Inicia con la trituración, clasificación y disposición del carbón extraído y finaliza con la disposición del estéril producido.			Responsable: Profesional de producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
<div></div>						
Transporte	Carbón	ACOPIO	Carbón triturado, clasificado y dispuesto para el despacho	Comercialización de Carbón	# de ton. carbón dispuestas / periodo	Profesional de producción
	Estéril				Granulometría [%] Humedad [%] Cenizas [%]	
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO		Costo del acopio de materiales según presupuesto	Financiero	\$ / ton estéril dispuestas	Profesional de producción
					\$ / ton carbón dispuestas	Profesional de producción
Ambiental	Requisitos ambientales		operación segura	Administrativo y gestión humana	Tasa de accidentalidad	Profesional de producción
Mantenimiento	Disponibilidad de equipos				Índice de Severidad	
Financiero	Presupuesto		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de producción
			Estéril dispuesto		# de toneladas de estéril dispuestas / periodo	

Figura 3-10. Caracterización Proceso de Acopio


PROCESO:			APOYO			
OBJETIVO: Soportar a los procesos operativos mediante la garantía de las condiciones seguras para su normal desempeño.						
ALCANCE: Cobija las labores de ventilación, bombeo, sostenimiento, mantenimiento de vías.			Responsable: Profesional de producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
						
Mantenimiento	Disponibilidad de equipos	APOYO	Ventilación	Desarrollo minero	Calidad de atmósfera subterránea	Profesional de producción
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO			Preparación minera	CO [PPM]	
				Explotación minera	O2 [%]	
				Transporte	CH4 [%]	
Ambiental	Requisitos ambientales			Apoyo		
Inventarios	Suministro de insumos y repuestos		costo de mantenimiento según presupuesto	Financiero	\$/ton de carbón	Profesional de producción
			operación segura	Administrativo y gestión humana	Tasa de accidentalidad	Profesional de producción
	Índice de Severidad					
Financiero	Presupuesto		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de producción

Figura 3-11. Caracterización Proceso de Apoyo

PROCESO:			MANTENIMIENTO			
OBJETIVO: Garantizar la disponibilidad de equipos para el desarrollo de las labores mineras.						
ALCANCE:			Responsable: Profesional de mantenimiento			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
<div></div>						
Compras	Servicios y repuestos	MANTENIMIENTO	Disponibilidad de equipos	Desarrollo minero	Disponibilidad de equipos	Profesional de mantenimiento
Administrativo y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de SISO			Preparación minera		Profesional de mantenimiento
	Ambiental			Requisitos ambientales		
Inventarios				Suministro de insumos y repuestos		Transporte
	Desarrollo minero			Ordenes de trabajo		Apoyo
Acopio						
Preparación minera	costo de mantenimiento según presupuesto		Financiero		\$/ton de carbón	Profesional de mantenimiento
Explotación minera	operación segura		Administrativo y gestión humana		Tasa de accidentalidad	Profesional de mantenimiento
Transporte					Índice de Severidad	Profesional de mantenimiento
Apoyo						
Acopio						
Financiero	Presupuesto		Cumplimiento de normas ambientales	Ambiental	ISA's	Profesional de mantenimiento

Figura 3-12. Caracterización Proceso de Mantenimiento

3.4 Indicadores de control

Luego de la debida caracterización de los procesos, el paso a seguir es controlar cada una de las actividades que estos generan, mediante indicadores. Estos indicadores permiten el seguimiento y verificación de la eficiencia y eficacia de los procesos identificados.

Los indicadores o ítems de control establecidos para realizar el control de la calidad total de los procesos de la mina Nechí, fueron propuestos para la evaluación y seguimiento con base en las dimensiones de la calidad total: calidad, costo, entrega, seguridad y medio ambiente y moral, con el fin de conocer el comportamiento de las diferentes variables de la operación minera en relación a las metas propuestas y evidenciado el resultado mediante gráficas.

Los indicadores de control de la dimensión de calidad, se definieron como todos aquellos que hacen referencia a las características del producto o servicio entregado a otros procesos o al cliente final para satisfacer las necesidades requeridas. Los de la dimensión de entrega, son todos aquellos que hacen referencia a la evaluación y seguimiento de la operación minera de acuerdo a las metas de entrega oportuna fijadas. Para la dimensión

de costo, se definieron aquellos que muestran los gastos y consumos específicos dentro de cada uno de los procesos. Por último para la dimensión de seguridad, se definieron aquellos que sirven para el seguimiento de las condiciones de seguridad con las cuales se ejecuta el proceso, puesto que permiten la identificación de los problemas de seguridad más comunes.

No se considerarán en el análisis los índices relativos al medio ambiente, dado que son indicadores transversales a toda la operación y son gestionados por áreas externas a la operación minera.

En la Tabla 3-3 se puede observar los indicadores para el proceso Desarrollo de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-3. Indicadores de control para el Proceso Desarrollo

Proceso Desarrollo		
Dimensión Entrega	Dimensión Costo	Dimensión Seguridad
Extracción mensual carbón desarrollo (ton/mes)	Costo explosivo en desarrollo (\$/m)	Accidentalidad por procesos (N° Accidentes/mes)
Extracción mensual estéril (ton/mes)	Consumo específico de explosivo en desarrollo (kg/m)	
Metros desarrollados (m/mes)		Tasa de accidentalidad en desarrollo (%)
Porcentaje cumplimiento del plan desarrollado (%)	Costo desarrollo (\$/m)	
Reservas desarrolladas (ton)		

En la Tabla 3-4 se puede observar los indicadores para el proceso Preparación de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-4. Indicadores de control para el Proceso Preparación.

Proceso Preparación
Dimensión Entrega
Extracción mensual carbón en preparación (ton/mes)
Metros preparados (m/mes)
Porcentaje cumplimiento del plan de preparación (%)
Reservas preparadas (ton)

En la Tabla 3-5 se puede observar los indicadores para el proceso Explotación de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-5. Indicadores de control para el Proceso Explotación.

Proceso Explotación			
Dimensión Entrega	Dimensión Costo	Dimensión Seguridad	Dimensión Moral
Extracción mensual de carbón en explotación (ton/mes)	Costo explosivo explotación (\$/ton)	Accidentalidad por procesos (N° accidentes/mes)	Ausentismo personal (%)
Rendimiento Global (ton/hombre-turno)			
Rendimiento Nivel 30 M1 (ton/hombre-turno)	Consumo específico de explosivo en explotación (kg/ton)		
Rendimiento Nivel 31 M1 (ton/hombre-turno)			
Rendimiento Nivel 28- 1070 M1 (ton/hombre-turno)	Costo de explotación (\$/ton)	Tasa de accidentalidad explotación (%)	
Rendimiento Nivel 26 M2 (ton/hombre-turno)			
Rendimiento Nivel 26 M3 (ton/hombre-turno)			

En la Tabla 3-6 se puede observar los indicadores para el Proceso Transporte de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-6. Indicadores de control para el Proceso Transporte.

Proceso Transporte		
Dimensión Entrega	Dimensión Costo	Dimensión Seguridad
Transporte de carbón (ton/mes)	Costo transporte (\$/ton)	Accidentalidad por procesos (Nº. accidentes/mes)
Transporte de estéril (ton/mes)		
Eficiencia transporte malacates (%)		Tasa de accidentalidad transporte (%)
Eficiencia transporte locomotora (%)		

En la Tabla 3-7 se puede observar los indicadores para el Proceso Acopio de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-7. Indicadores de control para el Proceso Acopio.

Proceso Acopio			
Dimensión Calidad	Dimensión Entrega	Dimensión Costo	Dimensión Seguridad
Granulometría (%)	Cantidad de carbón despachado (ton/mes)	Costo acopio (\$/ton)	Accidentalidad por procesos (N° accidentes/mes)
Ceniza (%)	Cantidad de estéril desechada (ton/mes)		Tasa de accidentalidad acopio (%)
Humedad (%)			

En la Tabla 3-8 se puede observar los indicadores para el Proceso Apoyo de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-8. Indicadores de control para el Proceso Apoyo.

Proceso Apoyo		
Dimensión Calidad	Dimensión Costo	Dimensión Seguridad
Caudal aire (m ³ /s)	Costo energía (\$/ton)	Accidentalidad por procesos (N° accidentes/mes)
Concentración de oxígeno (%)	Consumo de energía (KW/ton)	
Concentración de metano (LEL)	Costo apoyo (\$/ton)	Tasa de accidentalidad apoyo (%)
Monóxido de Carbono (ppm)		

En la Tabla 3-9 se puede observar los indicadores para el Proceso Mantenimiento de acuerdo a las dimensiones.

Tabla 3-9. Indicadores de control para el Proceso Mantenimiento.

Proceso Mantenimiento		
Dimensión Entrega	Dimensión Costo	Dimensión Seguridad
Disponibilidad total de equipos (%)	Costo mantenimiento (\$/ton)	Tasa de accidentalidad mantenimiento (%)
Porcentaje de averías (%)		
Factor de marcha (%)		
Disponibilidad de mantenimiento (%)		

Luego de establecer todos los indicadores para efectos del trabajo solo se analizaron y controlaron los siguientes indicadores. Ver Tabla 3-10.

Tabla 3-10. Indicadores de control de los Procesos identificados.

Proceso	Indicadores de control
Desarrollo	Metros desarrollados (m/mes)
	Reservas desarrolladas (ton)
Preparación	Metros preparados (m/mes)
	Reservas preparadas (ton)
Explotación	Extracción de carbón (ton/mes)
Transporte	Transporte de carbón (ton/mes)
Acopio	Ceniza (%)
	Humedad (%)
Mantenimiento	Disponibilidad total de equipos (%)
Apoyo	Concentración de oxígeno (%)
	Concentración de metano (%)
	Caudal (m ³ /S)

3.5 Estimación de la capacidad de la mina

Teniendo en cuenta la estructura del trazado de la mina y el mecanismo establecido para el transporte hasta superficie de carbón y estéril que se producen, tanto durante las actividades de desarrollo como de producción, se considera al transporte como la actividad que limita la capacidad productiva de la mina porque se dispone de una cantidad de frentes inactivos que no pueden entrar en producción por la incapacidad del sistema de transporte para soportar la producción excedente que se consiga. . Por tal motivo se definió la necesidad de realizar un estudio de tiempos y movimientos que entregara un dato cierto de la capacidad de producción de la mina. En el estudio se consideraron todas las actividades relacionadas con el transporte, como transporte primario desde los frentes hasta las tolvas internas, cargue de vagonetas, recorrido por subniveles y guías, transporte

entre niveles mediante uso de malacates internos, transporte por niveles empujado por hombres y/o con locomotora, almacenamiento en tolvas principales, transporte por inclinado con Skip y finalmente transporte por nivel hasta superficie. Para cada una de estas actividades se cuantificaron sus capacidades. Igualmente se caracterizaron las causas limitantes del proceso de transporte y se definieron acciones inmediatas para corregir deficiencias en la operación. El estudio de tiempos y movimientos adelantado internamente en la Organización ha permitido utilizar sus resultados como elementos de soporte para la toma de decisiones y elaboración de propuestas que se reportan en este trabajo.

Mediante un análisis de Pareto sobre las causas que afectan el rendimiento en la operación de transporte, se priorizan las acciones que se deben implementar para controlar y eliminar las causas que generan las mayores afectaciones sobre el proceso de Transporte. En la Figura 3-13 y la Figura 3-14, se ilustra la identificación de las causas y el análisis de Pareto para priorizar las causas sobre las cuales se deben tomar acciones para mejorar el resultado de esta actividad.

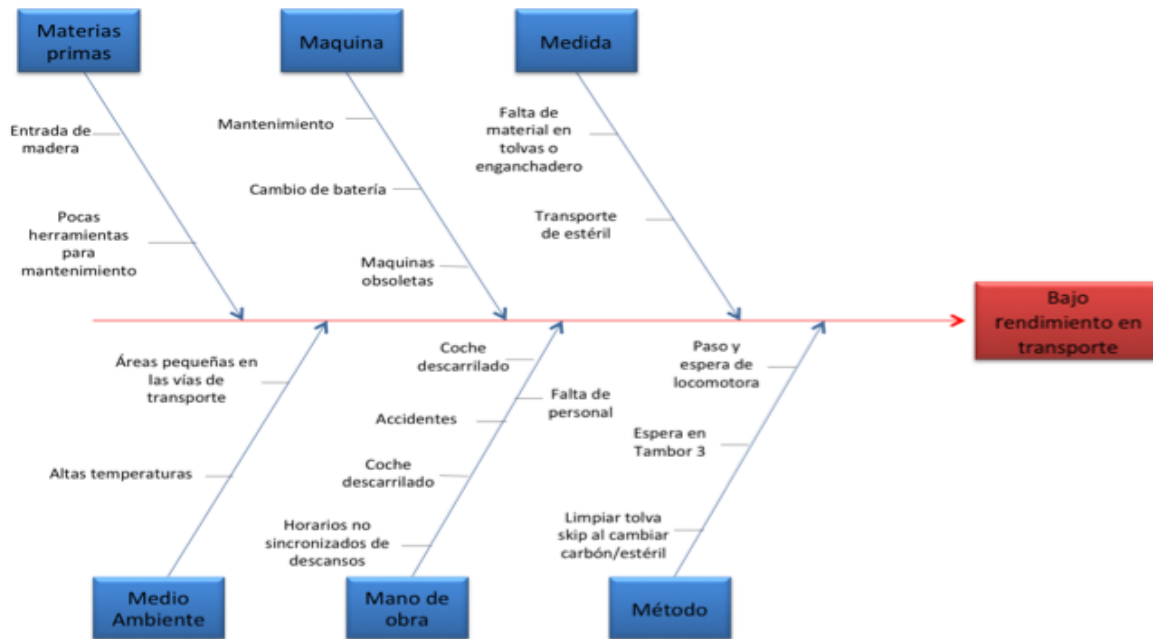


Figura 3-13. Diagrama de Ishikawa para el análisis de causas que afectan el rendimiento en el transporte en la Mina Nechí

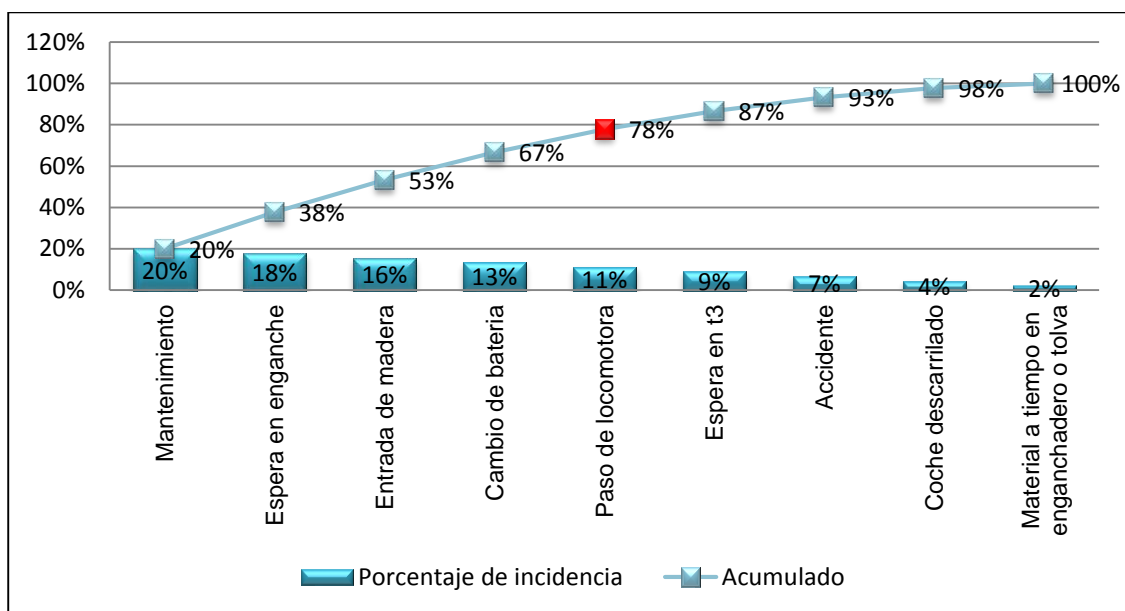


Figura 3-14. Análisis de Pareto para las causas que afectan la capacidad de transporte

El estudio arrojó una capacidad de producción de la mina de 11928 Ton de carbón por mes, con una evacuación de estéril de 2982 ton por mes. En la Tabla 3-11 se presenta el resumen obtenido de la capacidad de transporte en la Mina Nechí, teniendo como referencia el ciclo estándar, que para un estudio de tiempos y movimientos se define como el **estándar de tiempo** permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo, del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Tabla 3-11. Resumen capacidad de transporte.

Resumen capacidad de transporte en la Mina Nechí			
Período	Toneladas transportadas ciclo estándar	Toneladas estéril	Toneladas carbón
Turno 1	171.5	34.3	137.2
Turno 2	171.5	34.3	137.2
Turno 3	154	30.8	123.2
Mes	14910	2982	11928

Estos datos permiten generar una debida correspondencia entre las metas definidas por el proceso de Planteamiento minero y la capacidad real de la mina.

3.6 Manejo de la información

La mina Nechí cuenta con un sistema de información básico no sistematizado que dificulta el seguimiento continuo del resultado de los procesos y por lo tanto es limitado frente a acciones proactivas y sólo permite identificar los resultados de los procesos al finalizar periodos de corte, generalmente mensuales. Esta condición no permite acciones oportunas que faciliten el aseguramiento de los objetivos propuestos; lo anterior hace necesario el desarrollo de un sistema de información que permita medir el resultado de las operaciones y reportarlo oportunamente para tomar las acciones que sean necesarias para reorientar el resultado de los procesos hacia el cumplimiento efectivo de las metas.

Al realizar un diagnóstico previo a este trabajo con respecto a la generación de información en términos de la captura de datos y a su trazabilidad y confiabilidad, se encontró que:

- La recolección de los datos requeridos para configurar los indicadores de los Procesos de Desarrollo, Preparación, Explotación y Transporte, se obtiene de un informe diario de labores preparado por el Jefe de turno, el cual tiene una orientación hacia el reporte de nómina y no hacia el control de los procesos.
- La toma de información es ineficiente y puede inducir errores, dado que la información no se obtiene de la fuente que la genera directamente.
- No se cuenta con registros formales que permitan hacer trazabilidad a la información reportada. Se utiliza mecanismos como tableros, ábacos, registros en tiza, etc., que no son confiables para soportar la información.

Esta información se genera en sitios como malacates, enganchaderos, tolvas y locomotora. En la Tabla 3-12 se explican brevemente.

Tabla 3-12. Descripción de los sitios donde genera la información de producción

Labor	Ubicación	Descripción de la información
Jefe de turno	Oficina de los operarios lideres	Informe diario de labores e informe de nomina
Malacate	Vía Skip Nivel 0	Número de viajes de 3,5 Ton extraídos por el skip desde la tolva del nivel 26 hasta la tolva del nivel 0.
	Vía Personal Nivel 0	Número de viajes de 0,85 Ton de roca extraídos desde el frente de ampliación de la vía de personal hasta el nivel 0.
	Vía personal Nivel 26	Número de viajes de 1,7 Ton (2 coches de 0,85 Ton) desde el enganchadero del nivel 31 hasta el nivel 26.
	Tambor 3 Nivel 26- Nivel 28	Número de viajes de 0,85 Ton extraídos desde el nivel 28 hasta el nivel 26.
	Tambor 2 Nivel 28- Nivel 30	Número de viajes de 0,85 Ton extraídos por el malacate desde la tolva del nivel 30 hasta el Nivel 28.
	Clavada 1070 Nivel 26	Número de viajes de 0,85 Ton extraídos en los frentes de trabajo del nivel 28 y son transportados hasta el nivel 26 por la clavada de 1070.
Enganchadero	Nivel 31	Número de viajes de 1,7 Ton (2 coches de 0,85 Ton), enganchados para ser subidos por el malacate vía personal Nivel 26.
	Clavada 1070 Nivel 28	Número de viajes de 0,85 Ton, enganchados para ser subidos por el malacate de la clavada 1070 Nivel 26.

Labor	Ubicación	Descripción de la información
Tolva	Vía del skip Nivel 26	Número de viajes de 3,5 Ton, extraídos por el skip desde la tolva del nivel 26 hasta el nivel 0.
	Tambor 2 Nivel 30	Número de viajes de 0,85 Ton, extraídos por el malacate del tambor 2 nivel 28- nivel 30 desde la tolva del nivel 30 hasta el nivel 28.
Locomotora	Nivel 26	Número de viajes de 6,8 Ton extraídos en los frentes de trabajo en el nivel 26 y los transportados desde el nivel 28 hasta el nivel 26 por el malacate de la clavada 1070 nivel 26.
Apuntador	Nivel 30	Número de coches extraídos de los frentes del nivel 30.
Cribero	Nivel 0	Número de viajes de 3,12 Ton extraídos en la tolva del Skip en el nivel 0, para luego ser transportados por coches del nivel 0 hasta la tolva de superficie.
Bascula	Superficie	Número de viajes en la volqueta de capacidad 25 Ton extraídos desde la tolva del nivel 0 para ser pesado en la báscula y por ultimo transportado hasta el patio de acopio.

- En cuanto a los indicadores del Proceso mantenimiento, el profesional de mantenimiento es quien informa semanalmente acerca de la disponibilidad de los equipos y las averías al jefe de mina.
- Para el Proceso Acopio, la información de calidad en términos de humedad y cenizas en el carbón, es proporcionada por las plantas de Cementos Argos a través del repositorio “colaboración” en la intranet. Para el Proceso de Apoyo, el personal

de SISO es quien reporta la información de la situación interna de la mina en cuanto a caudal de aire, concentraciones de gases tóxicos y oxígeno.

En la Fotografía 3-1, Fotografía 3-2, Fotografía 3-3 y la Fotografía 3-4 se puede apreciar cómo se recolecta la información al momento de iniciar el trabajo de campo en los puntos anteriormente mencionados en la Tabla 3-12.



Fotografía 3-1. Malacate del Nivel 26 Tambor 3



Fotografía 3-2. Malacate Nivel 28 Tambor 2



Fotografía 3-3. Enganchadero del Nivel 31 Tambor 2



Fotografía 3-4. Apuntador del Nivel 30

3.6.1 La información como mejora en los procesos

La información permite controlar los procesos a partir de la verificación del cumplimiento de las metas propuestas. La confiabilidad de la información, su trazabilidad y su entrega oportuna permiten su interpretación y facilitan la implementación de mejoras en los procesos a partir de la implantación de planes de acción.

Los hallazgos desprendidos del diagnóstico preliminar mencionado antes, evidencian la necesidad de un mecanismo de gestión frente a la información porque es esta la herramienta que permite medir debidamente y en el momento preciso los resultados de los procesos, para que la corrección de las desviaciones se lleve a cabo con la oportunidad y la efectividad adecuada.

La efectividad de las acciones depende de la confiabilidad de la información y de su veracidad, porque en función de la precisión que esta ofrezca, cuando se realiza un análisis de causas para atender un problema (meta no alcanzada) en un indicador, se puede llegar fácilmente a la causa raíz del problema y bloquearla para asegurar el cumplimiento de las metas del proceso.

3.6.2 Propuesta de generación de información para los indicadores

[illegible]

Figura 3-15. Ruta de los puntos de información

- **Control de la información**

La implementación de formatos para la captura de la información, permite la generación de registros que le dan confiabilidad a la información y a la vez permite su trazabilidad. Estos registros pueden ser almacenados en un repositorio específico y con un tiempo de almacenamiento establecido que asegure el soporte ante cualquier requerimiento o reclamación.

- **Captura de la información**

Para la documentación de la información de producción interna de la mina se elaboró un formato único de Informe diario de labores, en el cual se resume toda la operación. Para cada uno de los puntos descritos en la Tabla 3-12, en los cuales se genera la información correspondiente a las diferentes etapas del transporte, se aplican formatos particulares en los cuales se registra el resultado de cada una de estas etapas. En la Tabla 3-13. Se describe cada uno de los formatos con el responsable de su diligenciamiento y el correspondiente objetivo. Los formatos diseñados e implementados se pueden observar en el de control adjunto al trabajo.

Tabla 3-13. Descripción de los diferentes formatos diseñados

Tipo de formato	Responsable	Objetivo
Informe diario de labores	Operario líder	Reportar las labores diarias ejecutadas por cada trabajador en la mina y en superficie. Resume las actividades de todos los procesos. Los operarios líderes de cada turno deben elaborar su correspondiente formato diario. Es la fuente de información para nutrir los diferentes indicadores que miden el desempeño de los procesos.
Control nomina	Jefe de turno	Reportar la información pertinente para la liquidación de los salarios de todos los operarios de la mina. La fuente de información para este formato se obtiene de los informes

Tipo de formato	Responsable	Objetivo
		diarios de labores. Este informe se elabora diariamente con destino al área de nómina.
Control carga malacate	Malacatero	Registrar la información de la producción de carbón y/o estéril que pasa por cada malacate.
Control carga enganchadero	Enganchador	Registrar la información de la producción de carbón y/o estéril que pasa por cada enganchadero.
Control carga locomotora	Operario locomotora	Registrar la información de la producción de carbón y/o estéril que es transportada por la locomotora desde cada uno de los frentes del nivel 26
Control carga apuntador	Apuntador	Registrar la información de la producción de carbón y/o estéril que se produce en los frentes del nivel 30.
Control descarga tolva	Tolvero	Registrar la información de la producción de carbón y/o estéril que se almacena en las tolvas del nivel 0, nivel 26 y nivel 30.
Control descarga criba	Cribero	Registrar la información de la producción de carbón y/o estéril que es transportada por los cocheros del nivel 0 hasta la criba en superficie.
Control bascula	Conductor de la volqueta	Registrar la información de la producción de carbón que se retira en la tolva de superficie y se deposita en el patio de acopio.

Dados los alcances establecidos para los Procesos de Mantenimiento y considerando que La Mina Nechí es intensiva en mano de obra y en la utilización de equipos mineros, de los cuales algunos son muy antiguos y con una fuerte carga de trabajo, es necesario buscar que los indicadores de estos procesos aseguren la continuidad de la operación minimizando las fallas de los equipos y garantizando que las condiciones del ambiente subterráneo sean las adecuadas para que los mineros no tengan riesgos durante sus jornadas de trabajo. Los indicadores de Mantenimiento indican el tiempo de averías y la disponibilidad de los equipos. Por otro lado los indicadores de Apoyo indican el estado de la mina en cuanto a ventilación, teniendo como referente el decreto 1335.

Por otro lado y bajo el alcance definido para el Proceso Acopio, sus indicadores hacen referencia a las cantidades de carbón acopiadas (entregadas) en el período, con las características requeridas desde la dimensión de Calidad intrínseca, a los costos de la disposición del carbón y el estéril, a los cumplimientos Ambientales y a los temas de seguridad.

- **Control de la información**

En el caso de estos indicadores, el control de la información se hace fácilmente, ya que la fuente primaria es personal profesional de la mina, los cuales analizan y caracterizan la información antes de ser suministrada para su registro.

- **Captura de la información**

Para controlar y verificar dichos indicadores, es necesario tener claro la fuente de información, la frecuencia del registro de la información y la frecuencia con la cual se registra. Aunque esta información es registrada y analizada por el personal encargado de cada uno de los procesos de Mantenimiento, Apoyo y Acopio, se considera importante realizar un análisis de la afectación de dichos indicadores en la producción interna de la mina. Esto debido a que los procesos están directamente ligados entre sí, por lo cual si existen o se encuentran falencias, estas afectaran directamente todo lo relacionado con los procesos de Desarrollo, Preparación y Explotación.

Tabla 3-14. Descripción de la toma de información para los indicadores Mantenimiento, Acopio y Apoyo

Proceso	Fuente de información	Responsable	Objetivo
Mantenimiento	Informe de mantenimiento (semanal)	Profesional de mantenimiento	Analizar el estado de los equipos internos de la mina.
Acopio	Repositorio de Colaboración, en la red del Grupo Argos.	Las plantas cementeras de ARGOS suministran la información de los análisis químicos del carbón comprado.	Analizar la calidad del carbón extraído en la mina.
Apoyo	Aforo mensual en puntos específicos dentro de la mina.	Auxiliar de SISO	Verificar el funcionamiento de la ventilación interna de la mina.

3.6.3 Plan de organización de la información

- **Mejoras en la toma de información**

Respecto a la recolección de la información para la verificación de los indicadores de los procesos Desarrollo, Preparación, Explotación y Transporte, se estableció un plan para organizar y adecuar los diferentes sitios en donde se suministra la información necesaria para los formatos, esto consiste en:

En la oficina de los operarios líderes se encuentran los formatos diseñados, allí se organizaron en una carpeta llamada “Copias Formatos”. En esta oficina se les suministrara la cantidad necesaria de copias para la semana.

Dentro de la mina, en los puntos mencionados en la Tabla 3-12, se adecuaron tablas con ganchos y sus respectivos bolígrafos para poder elaborar los informes. A los operarios líderes se les suministraron también tablas con ganchos y bolígrafos para su uso dentro de la mina. El jefe de turno debe realizar su informe al final del turno en la oficina con los operarios líderes. Al terminar el turno, todos los operarios responsables de suministrar información deben llevar el formato y entregárselo al jefe de turno. Luego de comparar y revisar la información, el jefe de turno archiva los formatos en la carpeta “Transporte” según el turno en el que se encuentre. Los operarios líderes deben archivar el formato en la carpeta “Informe diario de labores”. Por otro lado el jefe de turno archivara su información en la carpeta “Informe de nómina”.

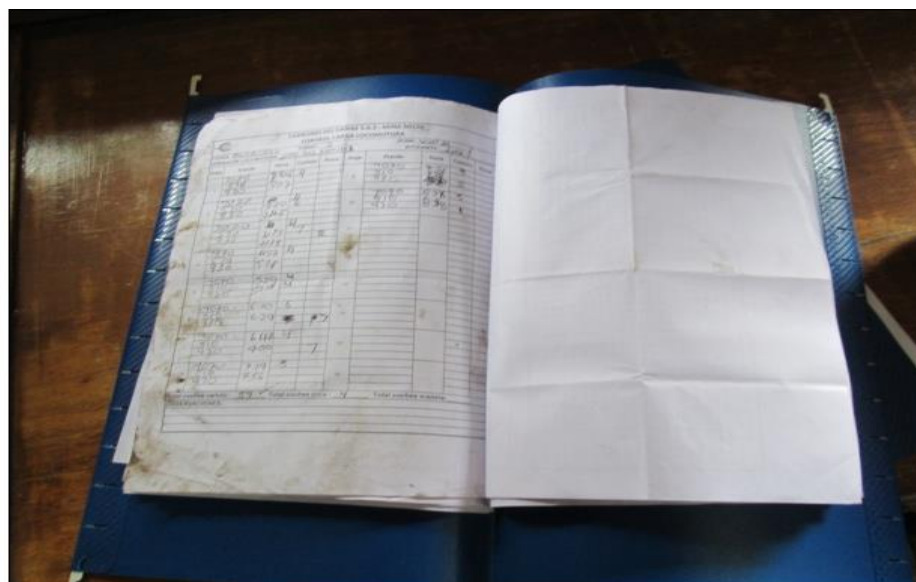
La Fotografía 3-5, Fotografía 3-6, Fotografía 3-7, Fotografía 3-8, Fotografía 3-9, Fotografía 3-10, Fotografía 3-11, Fotografía 3-12, Fotografía 3-13, Fotografía 3-14, Fotografía 3-15, Fotografía 3-16 y la Fotografía 3-17 muestran las modificaciones anteriormente mencionados en los puntos descritos en la Tabla 3-12.



Fotografía 3-5. Oficina de los operarios líderes en superficie



Fotografía 3-6. Oficina de los operarios líderes en superficie



Fotografía 3-7. Oficina de los operarios líderes en superficie



Fotografía 3-8. Malacate de la vía de personal del nivel 26



Fotografía 3-9. Malacate del nivel 26 tambor 3



Fotografía 3-10. Malacate del nivel 26 tambor 3



Fotografía 3-11. Locomotora del nivel 26



Fotografía 3-12. Locomotora del nivel 26



Fotografía 3-13. Malacate del nivel 26 en la clavada de 1070



Fotografía 3-14. Malacate del nivel 26 en la clavada de 1070



Fotografía 3-15. Tolva del nivel 30



Fotografía 3-16. Apuntador del nivel 30



Fotografía 3-17. Enganchadero del nivel 31

3.6.4 Digitalización de la información

Después de tener establecido el mecanismo para la captura de información, el siguiente paso es registrarla de forma digital para realizar un análisis gráfico de cada uno de los indicadores. Estos son registrados en un archivo en Excel llamado Control Indicadores® el cual se empezó a alimentar desde el mes de Enero de 2013. Se pretende diligenciar la información de forma continua por un auxiliar de información, el cual servirá de apoyo al Jefe de mina a la hora de determinar e implementar un plan de acción según sea el caso.

3.7 Resultados

A partir de la información consolidada en el archivo de Excel Control de Indicadores® desde el mes de enero de 2013 se realizó un análisis con el fin de establecer el estado de cada uno de los procesos respecto al cumplimiento del plan minero para el año. A continuación se presenta el análisis gráfico de la información obtenida.

3.7.1 Proceso desarrollo

En la Tabla 3-15 y en la Figura 3-16 se puede observar el consolidado del avance en metros del proceso desarrollo.

Tabla 3-15. Consolidado del avance en metros del Proceso de Desarrollo

Mes	Meta avance desarrollo mes (m)	Avance real desarrollo mes (m)	Diferencia (m)
Enero	180.00	93.57	86.43
Febrero	151.20	91.66	59.54
Marzo	115.00	154.34	-39.34
Abril	171.60	105.40	66.20
Mayo	147.20	111.30	35.90
Junio	110.40	109.65	0.75
Julio	112.50	140.15	-27.65
Agosto	107.50	129.40	-21.90
Septiembre	101.25	128.60	-27.35
Octubre	101.40	131.60	-30.20
Noviembre	96.00	114.85	-18.85
Diciembre	66.00	72.15	-6.15
Total Año	1460.05	1382.67	77.38

De la Tabla 3-15 se concluye que el cumplimiento del plan de desarrollo en metros en el año fue del 95%.

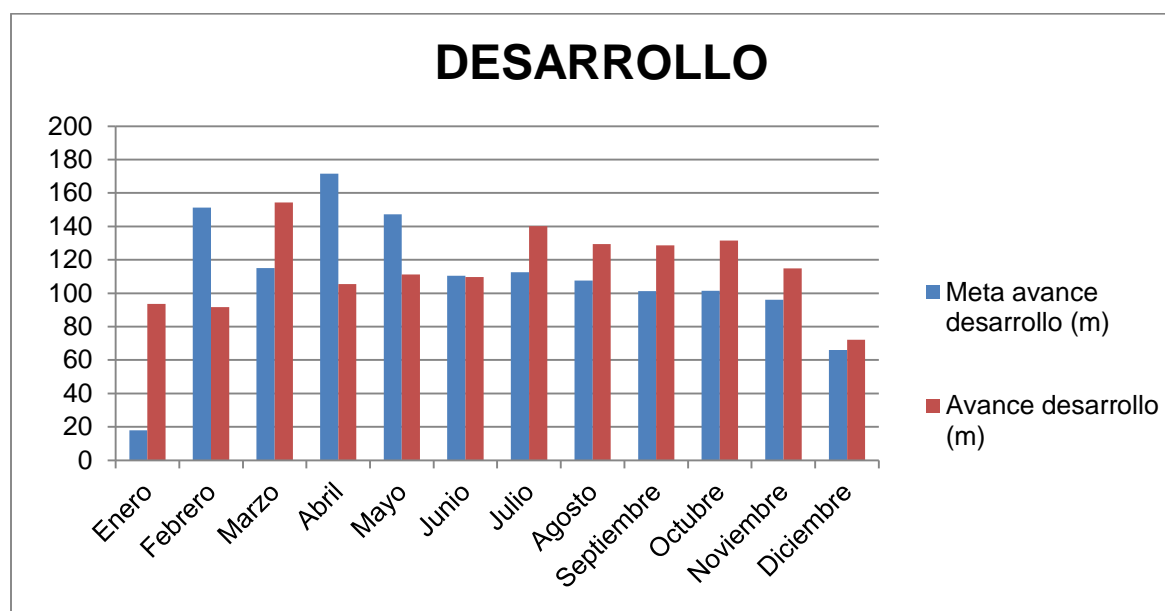


Figura 3-16. Gráfica del avance en metros del Proceso Desarrollo

En la Tabla 3-16 y en la Figura 3-17 se puede observar el consolidado de las reservas desarrolladas del proceso desarrollo.

Tabla 3-16. Consolidado de las reservas desarrolladas en toneladas del Proceso Desarrollo

Mes	Meta reservas desarrolladas (Ton)	Reservas reales desarrolladas (Ton)	Diferencia (Ton)
Enero	5412.12	5380.50	31.62
Febrero	9804.24	7251.69	2552.55
Marzo	9412.56	6171.00	3241.56
Abril	12852.97	7827.48	5025.44
Mayo	12243.83	8939.28	3304.55
Junio	11264.32	6449.66	4814.66
Julio	12243.83	9045.31	3198.52
Agosto	9719.33	10868.76	-1149.44
Septiembre	9719.33	9485.75	233.58
Octubre	10191.64	9214.58	977.06
Noviembre	9407.66	10346.17	-938.50
Diciembre	4703.83	8246.70	-3542.87
Total Año	116975.59	99226.88	17748.71

De la Tabla 3-16 se concluye que el cumplimiento del plan de desarrollo de reservas en toneladas en el año fue del 85%.

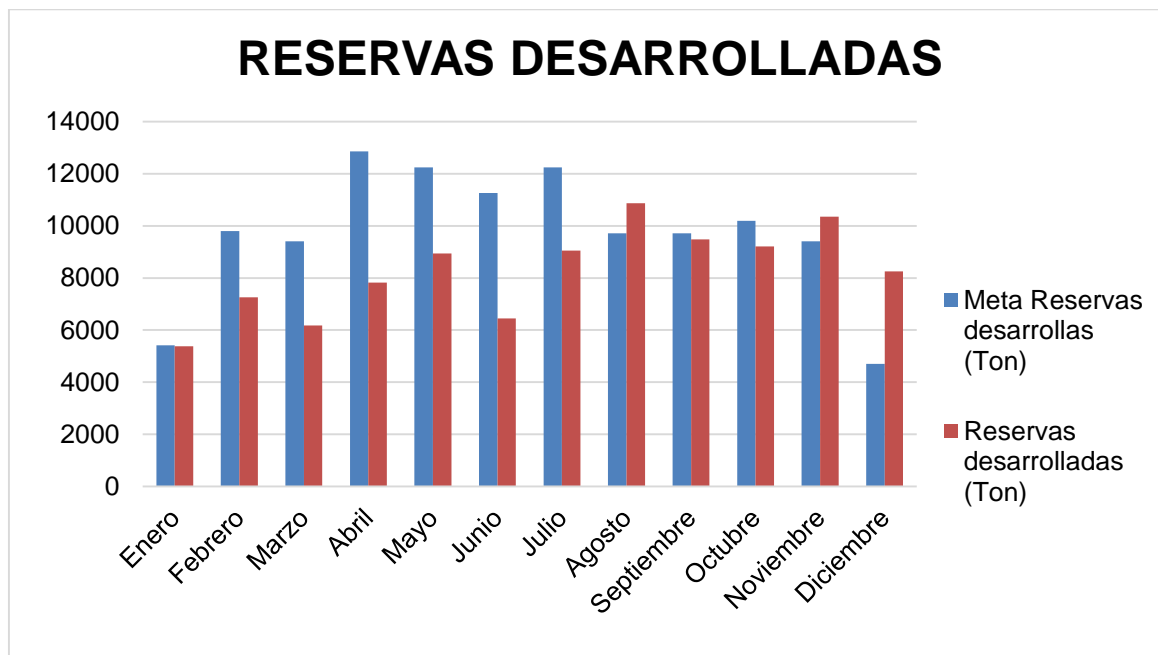


Figura 3-17. Gráfica de las reservas desarrolladas en toneladas del Proceso Desarrollo

3.7.2 Proceso preparación

Teniendo en cuenta que Preparación es el nombre del proceso y su objetivo se define en la caracterización de los procesos como “dejar preparados los bloques de mineral para su arranque masivo” y su alcance inicia con la construcción de tambores y sobreguías y finaliza con el inicio de las labores de explotación, los trabajos realizados en el desarrollo del proceso de Preparación corresponden a los que den cumplimiento a las tareas que cumplan con su objetivo definido y que son programados desde el Proceso de Planeación Minera y que son entradas para el proceso de Operación Minera, tal como se define desde la concepción estratégica de la Organización discutida en los numerales 3.2 y 3.3 de este trabajo.

En la Tabla 3-17 y en la Figura 3-18 se puede observar el consolidado del avance en metros del proceso de preparación.

Tabla 3-17. Consolidado del avance en metros del Proceso de Preparación

Mes	Meta avance preparación (m)	Avance real preparación (m)	Diferencia (m)
Enero	400.00	181.70	218.30
Febrero	441.60	236.60	205.00
Marzo	243.80	252.66	-8.86
Abril	267.80	293.98	-26.18
Mayo	400.20	210.45	189.75
Junio	257.60	198.26	59.34
Julio	345.00	230.55	114.45
Agosto	302.50	299.50	3.00
Septiembre	415.00	313.80	101.20
Octubre	369.20	422.80	-53.60
Noviembre	297.60	388.57	-90.97
Diciembre	106.95	202.17	-95.22
Total Año	3847.25	3231.04	616.21

De la Tabla 3-17 se concluye que el cumplimiento del plan de preparación en metros en el año fue del 84%.

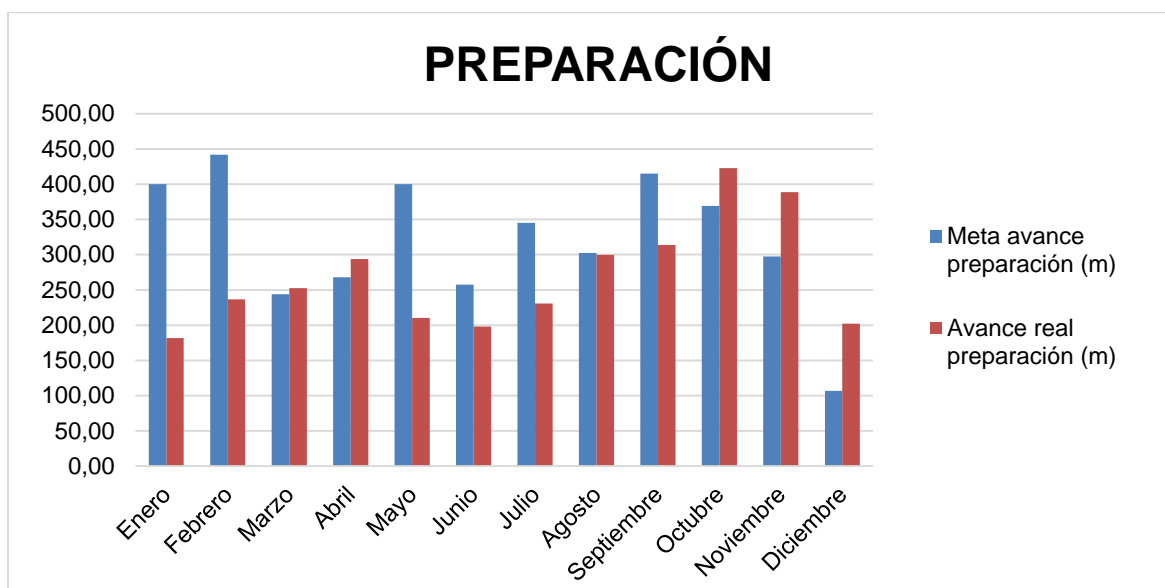


Figura 3-18. Gráfica del avance en metros del proceso de preparación.

En la Tabla 3-18 y Figura 3-19 se puede observar el consolidado de las reservas preparadas en toneladas del proceso de preparación.

Tabla 3-18. Consolidado de las reservas preparadas en toneladas del Proceso de Preparación.

Mes	Meta reservas preparadas (Ton)	Reservas reales preparadas (Ton)	Diferencia (Ton)
Enero	10404.408	2992.68	7411.73
Febrero	12068.64	5257.08	6811.56
Marzo	6426.00	6693.24	-267.24
Abril	9437.04	7428.86	2008.18
Mayo	10612.08	3627.53	6984.55
Junio	10716.12	4583.88	6132.24
Julio	9443.16	4905.792	4537.37
Agosto	9124.92	6832.98	2291.94
Septiembre	8353.80	6506.78	1847.02
Octubre	6164.06	7394.18	-1230.12
Noviembre	8225.28	6827.47	1397.81
Diciembre	6096.74	4566.74	1530.00
Total Año	107072.26	67617.23	39455.03

De la Tabla 3-18 se concluye que el cumplimiento del plan de preparación de reservas en toneladas en el año fue del 63%.



Figura 3-19. Gráfica de reservas preparadas en toneladas del Proceso Preparación.

3.7.3 Proceso explotación

En la Tabla 3-19 y Figura 3-20 se puede observar el consolidado de la extracción en toneladas del proceso de explotación.

Tabla 3-19. Consolidado de la extracción en toneladas del Proceso de Explotación.

Mes	Meta extracción carbón (Ton)	Extracción real Carbón (Ton)	Diferencia (Ton)
Enero	9000.00	8265.03	7411.73
Febrero	8942.40	8835.56	6811.56
Marzo	8227.10	7605.14	-267.24
Abril	10296.00	9290.54	2008.18
Mayo	7958.00	8867.12	6984.55
Junio	8970.00	8363.41	6132.24
Julio	10125.00	8861.24	4537.37
Agosto	9550.00	9534.67	2291.94
Septiembre	10025.00	9556.09	1847.02
Octubre	10608.00	9619.61	-1230.12
Noviembre	10776.00	9007.18	1397.81
Diciembre	5970.00	4881.19	1530.00
Total Año	110447.50	102686.78	7760.72

De la Tabla 3-19 se concluye que el cumplimiento del plan de extracción de carbón en el año fue del 93%.

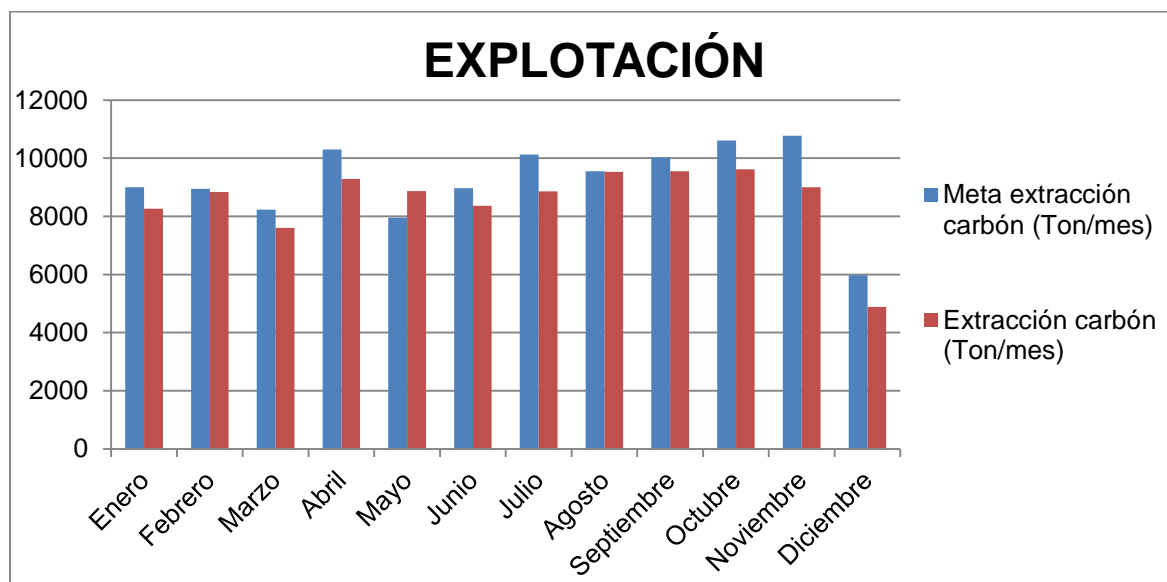


Figura 3-20. Gráfica de la extracción mensual de carbón del Proceso Explotación.

3.7.4 Proceso transporte

Dado complejidad para la recolección de la información para el control de este indicador, se decidió que esta información serviría como fuente para la revisión por parte de los jefes de turno y con esta referencia se realiza un balance de toda la producción interna de la mina, en el cual deben coincidir los saldos de carbón que quedan en la mina y el reporte de cada punto en el cual se reporta información de transporte. Ver Figura 3-15.

3.7.5 Proceso acopio

En la Tabla 3-20 y Figura 3-21 se puede observar el consolidado del porcentaje de humedad y cenizas presentes en el material explotado. Por acuerdo comercial el valor máximo para la humedad es 12% y para las cenizas es 14%.

Tabla 3-20. Consolidado del porcentaje de humedad y cenizas presentes en el material explotado.

Mes	Humedad (%)	Cenizas (%)
Enero	9.45	12.52
Febrero	10.31	10.26
Marzo	7.80	14.80
Abril	6.40	11.28
Mayo	9.73	8.66
Junio	8.40	15.27
Julio	10.40	4.74
Agosto	10.36	13.98
Septiembre	9.61	12.27
Octubre	9.27	9.26
Noviembre	7.19	11.59
Diciembre	11.02	6.79
Promedio	9.16	10.95

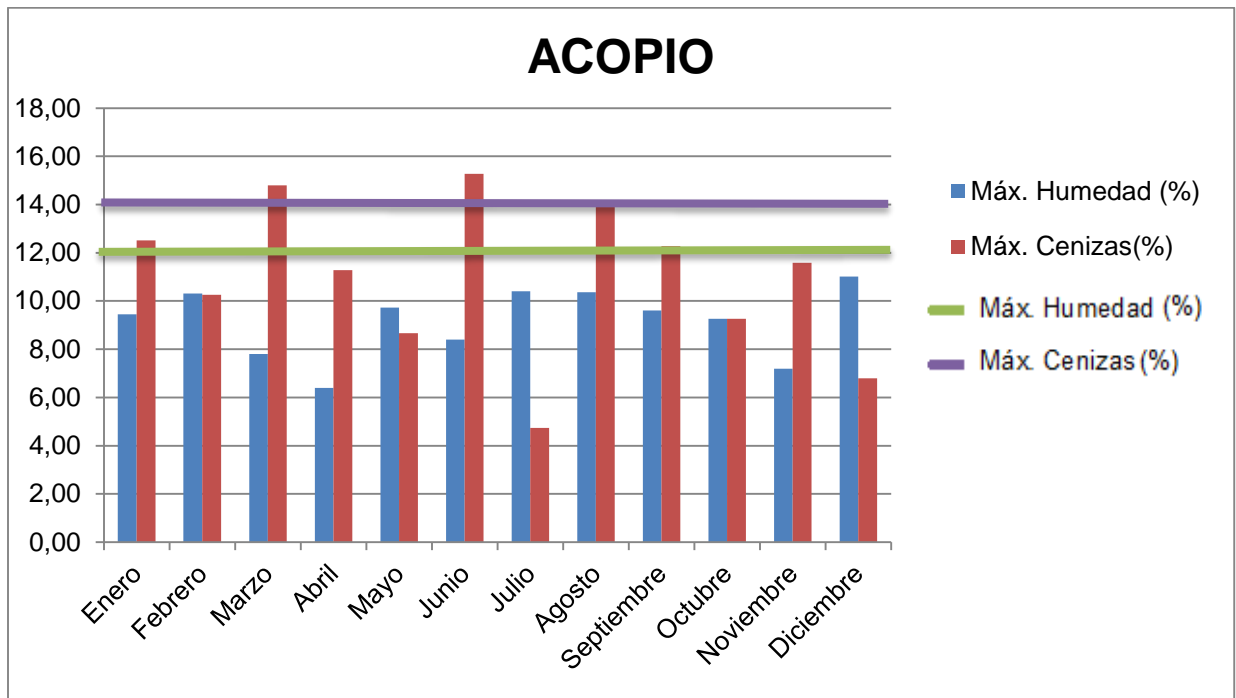


Figura 3-21. Gráfica del porcentaje de humedad y cenizas presentes en el material producido.

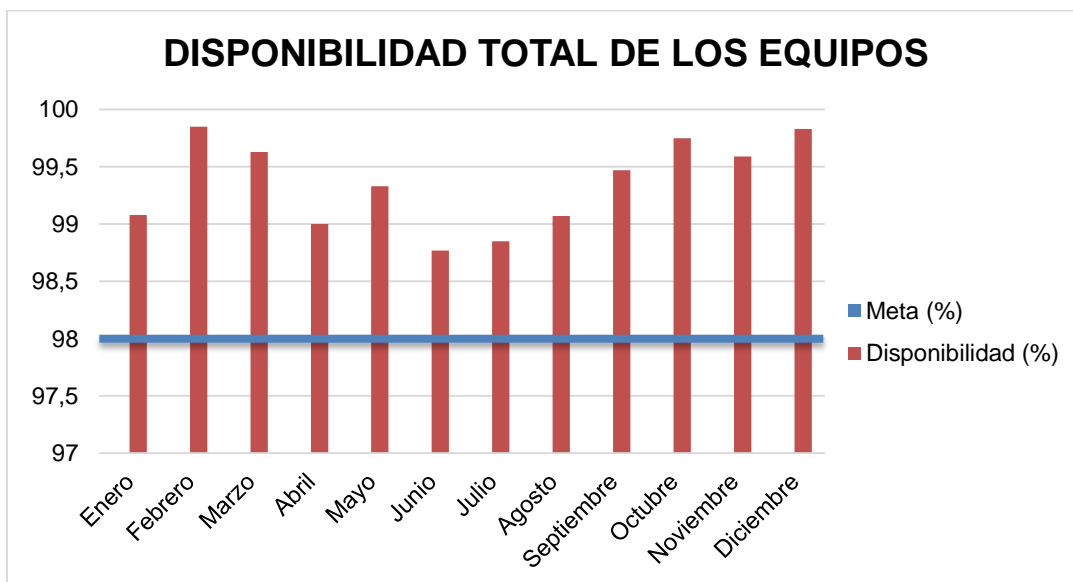
3.7.6 Proceso mantenimiento

Para garantizar la operación de los equipos de la mina, con énfasis en los equipos críticos como el Skip, los ventiladores y los malacates, estableció como indicador para el seguimiento al Proceso de Mantenimiento la disponibilidad, entendiéndose este indicador como el porcentaje de tiempo que el equipo está habilitado para trabajar, frente al tiempo programado.

En la Tabla 3-21 y Figura 3-22 se puede observar el consolidado de la disponibilidad total de los equipos en la mina.

Tabla 3-21. Consolidado de la disponibilidad total de los equipos en la mina.

Mes	Meta (%)	Disponibilidad (%)
Enero	98.00	99.08
Febrero	98.00	99.85
Marzo	98.00	99.63
Abril	98.00	99.00
Mayo	98.00	99.33
Junio	98.00	98.77
Julio	98.00	98.85
Agosto	98.00	99.07
Septiembre	98.00	99.47
Octubre	98.00	99.75
Noviembre	98.00	99.59
Diciembre	98.00	99.83
Promedio	98.00	99.35

**Figura 3-22.** Gráfica de la disponibilidad total de los equipos en porcentaje del Proceso Mantenimiento.

3.7.7 Proceso apoyo

En la Tabla 3-22 se puede observar el consolidado de la concentración de metano, oxígeno y el caudal.

Tabla 3-22. Consolidado de la concentración de metano, oxígeno y el caudal.

Mes	Concentración Metano (CH ₄) [%]	Concentración Oxígeno (O ₂) [%] Límite: 19%	Caudal (m ³ /s)
Enero	0.0	20.8	10.0
Febrero	0.0	19.8	11.0
Marzo	0.0	19.8	9.5
Abril	0.0	19.6	11.0
Mayo	0.0	20.3	12.0
Junio	0.0	19.9	9.0
Julio	0.0	20.2	9.0
Agosto	0.0	20.5	11.0
Septiembre	0.0	20.8	12.0
Octubre	0.0	20.3	11.0
Noviembre	0.0	20.8	10.0
Diciembre	0.0	19.8	10.5

3.8 Análisis de causas para la desviación de los indicadores de control para cada uno de los Procesos

A partir del establecimiento de la rutina y formalización de la recolección de información en la mina mediante la aplicación de los formatos diseñados para cada proceso, se pueden identificar las causas de las desviaciones en los indicadores. Con la información recopilada, confiable y con trazabilidad es posible construir las tablas de frecuencia sobre las causas que afectan el normal desarrollo de los Procesos.

Las tablas de frecuencia no son más que un listado de causas ordenadas decrecientemente en función del número de ocurrencias de la causa en el período estudiado; de esta manera es posible construir posteriormente un gráfico de frecuencia acumulada (Pareto), en el cual se pueden detectar las causas que suman el 80% de las ocurrencias y sobre estas causas se orientan las acciones para eliminarlas y reorientar el resultado del Proceso.

Realizado el estudio de la información recolectada diariamente, se obtuvieron unas causas que afectan la realización de las diferentes labores, con lo cual se determinó el siguiente análisis.

3.8.1 Proceso desarrollo

Análisis de la categorización para el indicador avance en metros del proceso desarrollo, ver Tabla 3-23 y Figura 3-23.

Tabla 3-23. Categorización para el indicador avance en metros del Proceso Desarrollo

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Ausentismo/ Falta de personal	23,08	23,08
Altas temperaturas / Caudal de aire insuficiente	21,54	44,62
Asignación de nuevas labores	18,46	63,08
Problemas en el descargue de estéril	15,38	78,46
Transporte de estéril	9,23	87,69
Planeamiento no acorde con los rendimientos reales de la mina	4,62	92,31
Daño en los equipos	3,08	95,38
Entrega oportuna de insumos	3,08	98,46
Otros	1,54	100,00

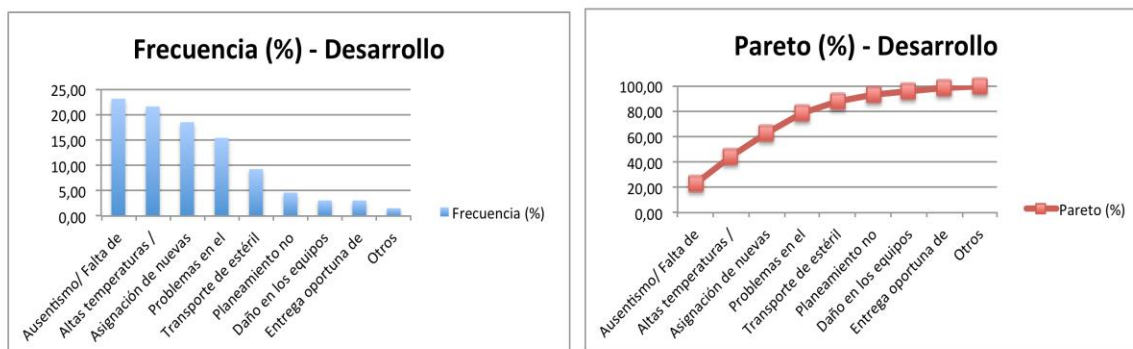


Figura 3-23. Análisis de Pareto para el indicador avance en metros del Proceso Desarrollo.

3.8.2 Proceso preparación

Análisis de la categorización para el indicador avance en metros del proceso preparación, ver Tabla 3-24 y Figura 3-24.

Tabla 3-24. Categorización para el indicador avance en metros del Proceso Preparación.

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Daño en los equipos	45,45	45,45
Ausentismo/ Falta de personal	21,21	66,67
Altas temperaturas / Caudal de aire insuficiente	15,15	81,82
Asignación de nuevas labores	9,09	90,91
Entrega oportuna de insumos	6,06	96,97
Otros	3,03	100,00

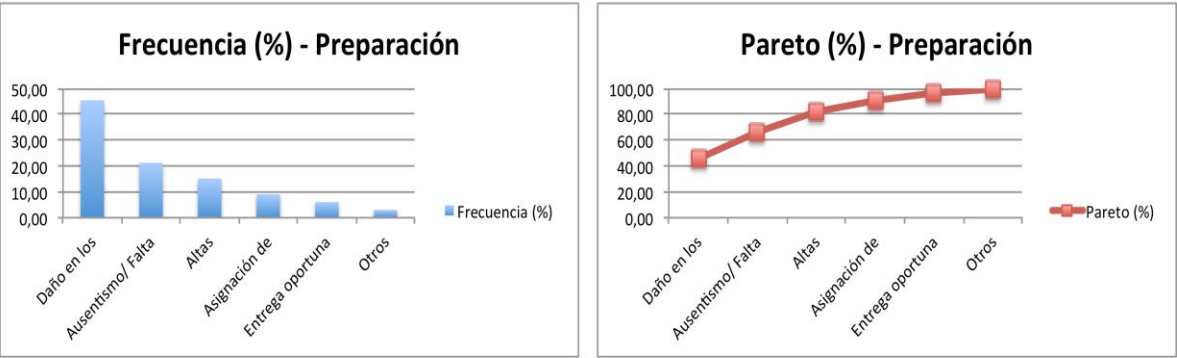


Figura 3-24. Análisis de Pareto para el indicador avance en metros del Proceso Preparación.

3.8.3 Proceso explotación

Análisis de la categorización para el indicador extracción mensual de carbón del proceso explotación, ver Tabla 3-25 y Figura 3-25.

Tabla 3-25. Categorización para el indicador extracción mensual de carbón del Proceso Explotación

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Altas temperaturas / Caudal de aire insuficiente	32,05	32,05
Ausentismo/falta de personal	25,64	57,69
Entrega oportuna de insumos	21,79	79,49
No cumplimiento de metros preparados	7,69	87,18
Falta de almacenamiento	6,41	93,59
Daño en los equipos	3,85	97,44
Otros	2,56	100,00

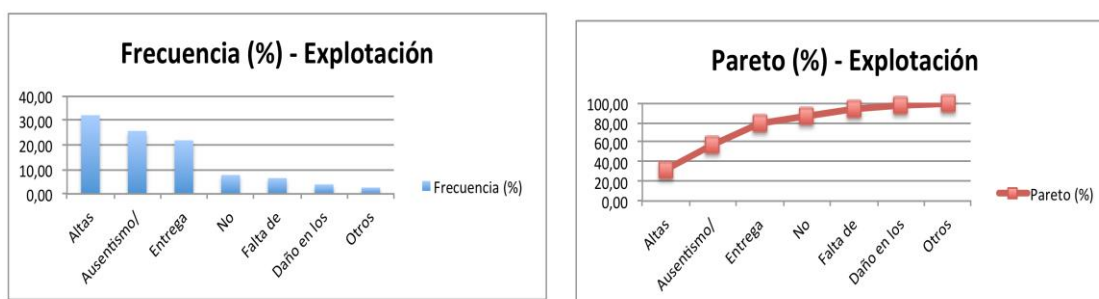


Figura 3-25. Análisis de Pareto para el indicador extracción mensual del Proceso Explotación.

3.8.4 Proceso transporte

Análisis de la categorización para el indicador transporte de carbón del proceso transporte, ver Tabla 3-26 y Figura 3-26.

Tabla 3-26. Categorización para el indicador disponibilidad de equipos del Proceso Transporte

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Daño en los equipos	25,45	25,45
Ausentismo/falta de personal	22,73	48,18
Capacidad de los puntos de acopios	17,27	65,45
Problemas en el descague	14,55	80,00
Planeamiento no acorde con los rendimientos reales de la mina	6,36	86,36
Altas temperaturas / Caudal de aire insuficiente	5,45	91,82
Capacidad de los equipos	4,55	96,36
Otros	3,64	100,00

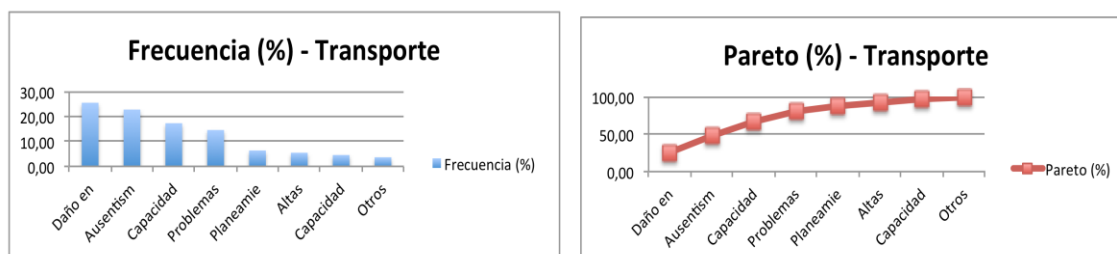


Figura 3-26. Análisis de Pareto para el indicador avance en metros del Proceso Transporte.

3.8.5 Proceso acopio

Análisis de la categorización para los indicadores ceniza y humedad en el proceso acopio, ver Tabla 3-27 y Figura 3-27.

Tabla 3-27. Categorización para los indicadores ceniza y humedad en el Proceso Acopio

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Daño en los equipos	36,47	36,47
Capacidad de los puntos de acopios para carbón	27,06	63,53
Falta de transporte automotor	21,18	84,71
Ausentismo/falta de personal	10,59	95,29
Capacidad de los puntos de acopios para estéril	3,53	98,82
Otros	1,18	100,00

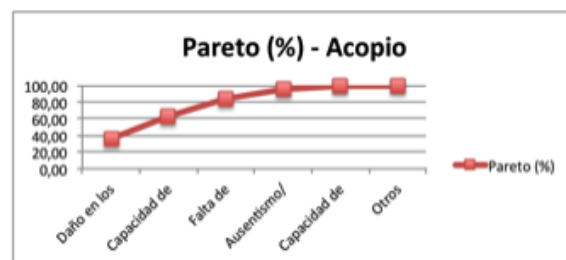
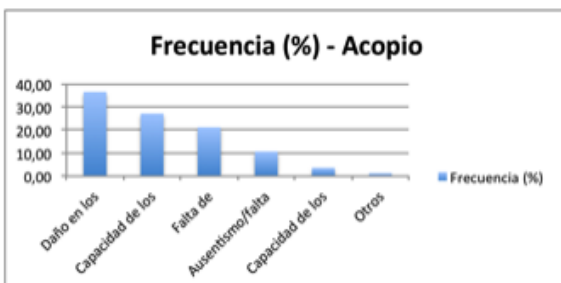


Figura 3-27. Análisis de Pareto para el indicador de cenizas del carbón (%) en el Proceso Acopio.

3.8.6 Proceso mantenimiento

Análisis de la categorización para el indicador disponibilidad de los equipos del proceso mantenimiento, ver Tabla 3-28 y Figura 3-28.

Tabla 3-28. Categorización para el indicador disponibilidad de los equipos del Proceso Mantenimiento.

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Vida útil de los equipos	40,30	40,30
Falta de capacitación de los operadores de las maquinas	28,36	68,66
Repuestos inadecuados	16,42	85,07
Falta de tiempo para mantenimiento	7,46	92,54
deficiente planeación de mantenimiento	4,48	97,01
Otros	2,99	100,00

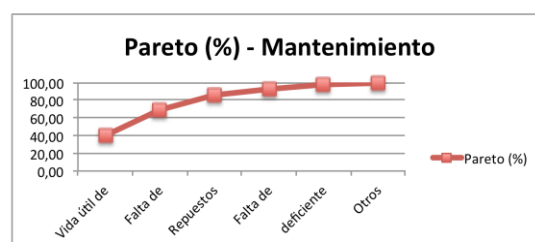
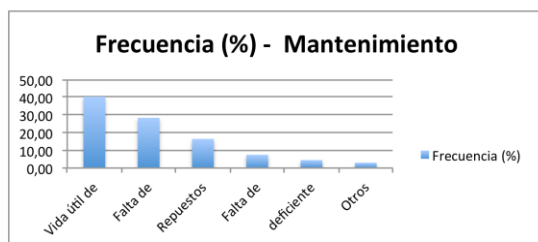


Figura 3-28. Análisis de Pareto para el indicador disponibilidad de los equipos del Proceso Mantenimiento.

3.8.7 Proceso apoyo

Análisis de la categorización para el indicador de cumplimiento en el proceso apoyo, ver Tabla 3-29 y Figura 3-29.

Tabla 3-29. Categorización para el indicador de cumplimiento en el Proceso Apoyo.

Categorías	Frecuencia (%)	Pareto (%)
Daño en los equipos de medición	36,84	36,84
Daño en tapones que aislan zonas explotadas	29,47	66,32
Circuito de ventilación inadecuado	20,00	86,32
Ausentismo/falta de personal	7,37	93,68
Daño en los equipos principales	4,21	97,89
Otros	2,11	100,00

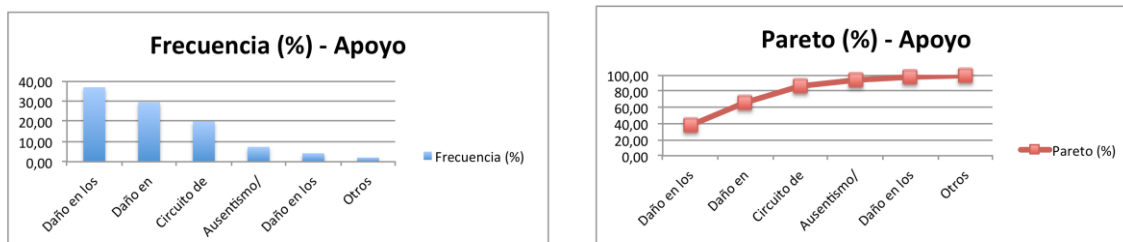


Figura 3-29. Análisis de Pareto para el indicador de cumplimiento en el Proceso Apoyo.

A partir de la definición de planes de acción para atacar las causas identificadas a partir del análisis de las desviaciones en los indicadores establecidos para cada uno de los procesos definidos, se inicia el proceso de mejora en cada uno de ellos.

3.9 Análisis financiero

Como referencia para medir la efectividad de la intervención en los procesos, se toma el resultado financiero en la operación de la Mina Nechí. La óptica sobre la sostenibilidad se mantiene en el proyecto, dado que los indicadores ambientales están considerados y los de seguridad, como parte integral del componente social, han venido siendo controlados a partir del modelo de Gestión en SISO, que fue expuesto con detalle en el numeral 3.1 de este trabajo.

Por otro lado, en la Figura 3-3, se puede apreciar cómo en los procesos de Apoyo definidos en la estrategia de la Organización, aparece el Proceso ADMINISTRATIVO Y GESTIÓN HUMANA, que es el que cierra la relación entre lo Económico, lo Ambiental y lo Social, para integrar los elementos que gobiernan el concepto de Sostenibilidad. Este Proceso no está definido dentro del alcance de este trabajo.

En la Tabla 3-30 se ilustra el cambio en los resultados desde el año 2009 al año 2013.

Tabla 3-30. Condición de resultados financieros de la Mina Nechí, años 2009, 2010-2013.

SATOR S.A.S.					
EBITDA REAL ACUMULADO AÑO MINA NECHÍ					
PERIODO	2009	2010	2011	2012	2013
	NECHI	NECHI	NECHI	NECHI	NECHI
VENTAS (TON)	81.671	85.826	76.106	95.211	103.920
INGRESOS OPERATIVOS	\$ 8.485	\$ 9.576	\$ 7.496	\$ 12.910	\$ 13.060
PRECIO DE VENTA	103892	111.574	98.489	135.595	125.669
COSTO VENTA	\$ 9.274	\$ 10.170	\$ 9.266	\$ 11.427	\$ 11.923
COSTO DE PRODUCCION	9274	9.179	\$ 9.159	\$ 11.343	\$ 11.703
DEP Y AMORTIZACION	116		\$ 107	\$ 84	\$ 220
COSTO UNITARIO	113549	106.944	121.753	120.021	114.732
UTILIDAD BRUTA	\$ (789)	\$ (594)	\$ (1.771)	\$ 1.483	\$ 1.137
GASTOS DE ESTRUCTURA DEP Y AMORTIZACION				\$ 88	
UTILIDAD OPERATIVA	\$ (789)	\$ (594)	\$ (1.771)	\$ 1.395	\$ 1.137
EBITDA REAL	\$ (673)	\$ (594)	\$ (1.663)	\$ 1.479	\$ 1.357
MARGEN EBITDA	-8%	-6%	-22%	11,5%	10,4%

Fuente: SATOR S.A.S

El EBITDA es una función del precio de venta, del costo de venta y del volumen vendido. El precio es un factor de mercado que difícilmente se puede modificar, pero el costo y el volumen son factores que pueden ser controlados desde la operación.

En la Figura 3-30, se ilustra la relación entre el EBITDA, el precio, el costo y el volumen de producción en términos de las variaciones porcentuales sufridas en cada uno de estos factores año a año, tomando como año de partida el año 2009.

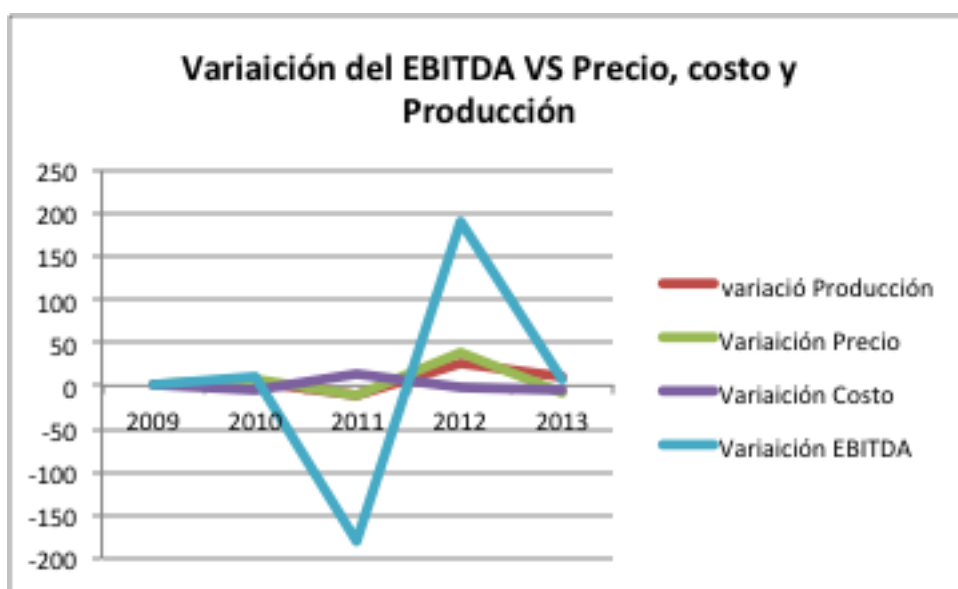


Figura 3-30. Variación del EBITDA Vs precio, costo y producción.

En el año 2011 se aprecia una disminución en el precio de venta, debido a condiciones del mercado en la región; coincide esta condición en el precio de venta con un incremento en los costos y una disminución en el volumen producido, esta combinación de factores generan un detrimento severo en el EBITDA.

Por su parte, para el año 2012, se experimenta una disminución del costo, un incremento en la producción y un incremento en el precio del carbón, obedeciendo a un proceso de negociación con los clientes; estas condiciones permiten un cambio significativo en el monto del EBITDA, pasando de valores negativos a valores positivos. Tanto el costo como

el volumen de producción corresponden a las acciones adelantadas como resultado de los controles ejercidos mediante la implementación de este trabajo.

Durante el año 2013 se experimenta variación negativa en el precio, la cual pudo ser contrarrestada por el control en el costo mediante una disminución del 4% y un incremento del 9% en la producción; factores completamente controlables desde la operación.

4. Conclusiones

Las actividades fraccionadas que se adelantan en los procesos mineros son clave para su ordenamiento, presupuesto y control. Es una manera de hacer seguimiento y verificación del cumplimiento de las metas de la organización, dado que el resultado final de esta es la sumatoria de los logros parciales de cada actividad. La gestión por procesos permite el seguimiento minucioso de cada etapa constituyente del proyecto minero y la reacción oportuna ante las desviaciones para mantener asegurado el cumplimiento de las metas presupuestadas.

La debida estructuración de los procesos en un proyecto minero facilita la ejecución de los presupuestos, la coherencia entre las capacidades de la mina y las metas establecidas, así como la identificación de los “cuellos de botella” en la operación, con lo que se pueden identificar causas y plantear planes de acción para eliminarlas y prevenir su recurrencia.

Por ser la minería una industria, que debe apuntar al concepto de sostenibilidad, uno de sus objetivos es la generación de valor, razón por la cual los indicadores del costo y los elementos que lo constituyen como por ejemplo los consumos específicos en términos de las unidades consumidas de insumos como explosivos, madera, elementos de fortificación, repuestos, energía, etc. Vs la producción obtenida y los rendimientos en la operación, son un factor crítico de éxito al momento de buscar la rentabilidad del negocio minero. En este caso el EBITDA se utiliza como indicador de la gestión operativa para la generación de valor.

Seguridad Industrial y la Salud Ocupacional son un valor que las organizaciones deben cultivar por ser un elemento que garantiza la motivación de los colaboradores y blinda la reputación empresarial. Por tal motivo debe medirse y controlarse rigurosamente. El impacto que SISO representa para el costo en la minería es significativamente alto porque el ausentismo es una de las principales causas de ineficiencia en las operaciones y un factor de riesgo asociado a la accidentalidad en las operaciones mineras, debido a que los

reemplazos de los ausentes no tienen desarrollada la experiencia ni la habilidad suficiente para atender los riesgos presentes en la industria minera.

En los procesos productivos, como en el caso de la Minería, las mejoras se pueden conseguir generalmente de dos maneras: a través de cambios tecnológicos, que implican grandes inversiones o a través de cambios en los métodos mediante los cuales se desarrollan los procesos productivos. En el segundo caso, el trabajo con las personas es clave para alcanzar las nuevas metas. Durante los procesos de mejoramiento, un porcentaje muy alto de logros se consigue a través del cambio de métodos, acción que está fundamentada 100% en las personas. Es así como la capacitación y el entrenamiento son fundamentales en estos procesos. Igualmente, la información, desde la recolección de datos hasta su procesamiento, está fuertemente influenciada por la disponibilidad de las personas para reportar debidamente en cada punto de toma de datos.

Los indicadores deben ser claros, entendibles y fáciles de generar para que la toma de acciones correctivas frente a las desviaciones sea oportuna y eficiente. Pero sobre todo deben ser gestionables, es decir, deben estar al alcance de cada responsable para que la acción frente a la desviación sea efectiva. Un indicador no se debe llevar solo por llevarlo, se debe llevar para ser gestionado.

El análisis acertado de las causas que generan el incumplimiento de los indicadores es fundamental para alcanzar los resultados deseados, por este motivo, herramientas como el diagrama de Ishikawa y los gráficos de Pareto son valiosas al momento de evaluar el mejoramiento en los procesos. Igualmente los planes de acción deben ser oportunos y tener debidamente establecidos los objetivos, los responsables y las fechas.

Los indicadores de mantenimiento y de los procesos de apoyo son fundamentales para minimizar causas de ineficiencia en los procesos productivos; por tal motivo su seguimiento es importante para asegurar el éxito en la operación porque estos indicadores son los que permiten asegurar las condiciones adecuadas en el ambiente subterráneo para la correcta labor de las personas y la disponibilidad de los equipos para la operación.

5.Recomendaciones

Después de alcanzar mejoras significativas en los resultados económicos de la operación, es necesario ampliar el alcance del seguimiento del negocio mediante la implantación de indicadores para los procesos administrativos, dado que su resultado final es impactado fuertemente por temas administrativos que son paralelos a los temas operativos.

Igualmente se deben establecer mecanismos para realizar un seguimiento permanente a los indicadores asociados con los temas ambientales porque este asunto puede convertirse en un factor de riesgo para la continuidad del negocio y generar costos muy importantes al momento de alguna eventualidad no prevista.

Para profundizar en el control de la operación, es necesario establecer los controles y mecanismos de seguimiento en temas relacionados con el manejo de activos y manejo de salidas de almacén. Dado su impacto en las finanzas de la organización, es pertinente dedicar con toda profundidad un análisis de su manejo para amarrarlo debidamente a la operación.

6. Bibliografía


- Azapagic, A. (2003). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry.
- Azapagic, A. (2003). Systems Approach to Corporate Sustainability: A General Management Framework.
- Baptista, C. (2013). Interaction processes in long-term relationships in the metal mining industry: Longitudinal case studies of capital equipment buying.
- Basso, B., Carpegna, C., C.Dibitonto, Gaido, G., A.Robotto, & Zonato, C. (2004). Reviewing the safety management system by incident investigation and performance indicators.
- Bergh, L., Jounela, S. L., & Hodouin, D. (2001). State of the art in copper hydrometallurgic processes control.
- Canter, L., & Atkinson, S. (2011). Multiple uses of indicators and indices in cumulative effects assessment and management.
- Colli, A., Serbanescua, D., & Ale, B. (2008). Indicators to compare risk expressions, grouping, and relative ranking of risk.
- Comoglio, C., & Botta, S. (2011). The use of indicators and the role of environmental management systems for environmental performances improvement: a survey on ISO 14001 certified companies in the automotive sector.
- D., P., & B., A. (2011). *Indicadores de sustentabilidad en la toma de decisiones para creación de distritos mineros, aplicados a minería metálica: au y fe, en el estado bolívar*. Tesis de grado.
- Dahl, A. L. (2011). Achievements and gaps in indicators for sustainability.
- Devise, O., & Pierreval, H. (2000). Indicators for measuring performances of morphology and material handling systems in flexible manufacturing systems.
- Falconi, V. (2004). *TQC controle da qualidade total (no estilo Japonês)*.
- Fontalvo-Herazoa, M. L., Glasera, M., & Lobato-Ribeiro, A. (2007). A method for the participatory design of an indicator system as a tool for local coastal management.

- Guerrero-Almeida, D. (2003). *Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los recursos minerales*.
- Jalilova, G., Khadka, C., & Vacik, H. (2012). Developing criteria and indicators for evaluating sustainable forest management: A case study in Kyrgyzstan.
- Jorge Macazaga, A. P. (2007). *Organización basada en procesos*.
- Juran, J. (1990). *Juran y la planificación de la calidad*.
- Lin, J.-y., Lin, T., & Cui, S.-h. (2010). Quantitative selection model of ecological indicators and its solving method.
- Lindahla, A. M., & Bockstaller, C. (2012). An indicator of pesticide leaching risk to groundwater.
- Linke, B. S., Corman, G. J., Dornfel, D. A., & Tönissen, S. (2013). Sustainability indicators for discrete manufacturing processes applied to grinding technology.
- Mariño, H. (2001). *Gerencia de procesos*.
- Mariño, H. (2002). *Calidad Lecciones aprendidas*.
- Martínez, J. (2009). The use of GIS and indicators to monitor intra-urban inequalities. A case study in Rosario, Argentina.
- Moya, M. C. (2001). The control of the setting up of a predictive maintenance programme using a system of indicators.
- Onat, N., & Bayar, H. (2010). The sustainability indicators of power production systems.
- Pérez, L., Ortiz, J., Maestre, I., & Coronel, J. (2011). Constructing HVAC energy efficiency indicators. *Energy and Buildings*, 619–629.
- Reiman, T., & Pietikäinen, E. (2011). Leading indicators of system safety – Monitoring and driving the organizational safety potential.
- Reynaldo-Argüelles, C. L. (2012). *Metodología para el diseño de indicadores económico-ambientales en la minería de níquel*.
- Riley, J. (2001). Indicator quality for assessment of impact of multidisciplinary systems.
- Roca, L. C. (2011). An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports.
- Shaheena, M., Shahbaz, M., Guergachi, A., & Rehmana, Z. (2011). Mining sustainability indicators to classify hydrocarbon development.

- Slack, N., & Lewis, M. (2008). *Operations Strategy*. Pearson Education Limited.
- Soriano, M. J., & Campos, M. J. S. (2011). *Introducción a la contabilidad y las finanzas: Incluye ejemplos y casos prácticos* (p. 288). Profit Editorial.
- Sousaa, R. N., Veigaa, M. M., Meecha, J., Jokinen, J., & Sousa, A. J. (2010). A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site.
- Tahir, A. C., & Darton, R. (2010). The Process Analysis Method of selecting indicators to quantify the sustainability performance of a business operation.
- Vallejo-Raposo, O., & Guardado-Lacaba, R. (2000). *Proposal of environment sectorial indicators to moa region*.
- Worrall, R., Neil, D., Brereton, D., & Mulligan, D. (2009). Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine land.
- Yu, J., Yao, S., Chena, R., Zhu, K., & Yu, L. (2004). A quantitative integrated evaluation of sustainable development of mineral resources of a mining city: a case study of Huangshi, Eastern China.

A. Anexo: Formatos de control


ANEXO A-1. Formato informe diario de labores

 SATOR- MINA NECHI INFORME DIARIO DE LABORES								
FECHA: / /				TURNO: OPERARIO LIDER:				
JEFE DE TURNO:								
N°	ZONA	LABOR	NOMBRES Y APELLIDOS	AVANCE	COCHES CARBÓN	COCHES ROCA	SOSTENIMIENTO	OBSERVACIONES
1				/				
2				/				
3				/				
4				/				
5				/				
6				/				
7				/				
8				/				
9				/				
10				/				
11				/				
12				/				
13				/				
14				/				
15				/				
16				/				
17				/				
18				/				
19				/				
20				/				
21				/				
22				/				
23				/				
24				/				
25				/				
26				/				
27				/				
28				/				
29				/				
30				/				
31				/				
32				/				
33				/				

N°	ZONA	LABOR	NOMBRES Y APELLIDOS	AVANCE	COCHES CARBÓN	COCHES ROCA	SOSTENIMIENTO	OBSERVACIONES
1				/				
2				/				
3				/				
4				/				
5				/				
6				/				
7				/				
8				/				
9				/				
10				/				
11				/				
12				/				
13				/				
14				/				
15				/				
16				/				
17				/				
18				/				
19				/				
20				/				
21				/				
22				/				
23				/				
24				/				
25				/				
26				/				
27				/				
28				/				
29				/				
30				/				
31				/				
32				/				
33				/				
OBSERVACIONES GENERALES			AUSENTISMO PERSONAL		RESUMEN DEL TURNO			
					Total coches CARBÓN explotación:		Total coches ROCA desarrollo:	
					Total coches CARBÓN preparación:		Total coches ROCA sostenimiento	
					Total coches CARBÓN desarrollo:		Total personal:	

[illegible][illegible]

ANEXO H-8. Formato carga báscula

 SATOR- MINA NECHI CONTROL CARGA BÁSCULA									
Nombre: _____					Turno: _____		Fecha: _____		
Nombre: _____					Turno: _____				
Viaje	Hora	Tipo de carbón		Roca	Viaje	Hora	Tipo de carbón		Roca
		Granulado	Ripio				Granulado	Ripio	
1					26				
2					27				
3					28				
4					29				
5					30				
6					31				
7					32				
8					33				
9					34				
10					35				
11					36				
12					37				
13					38				
14					39				
15					40				
16					41				
17					42				
18					43				
19					44				
20					45				
21					46				
22					47				
23					48				
24					49				
25					50				
Total Granulado: _____					Total Ripio: _____		Total Roca: _____		
Total Producción Carbón: _____									
Observaciones: _____									